

Tiedotus  
Report

**262**

PIRKKO SELIN  
KIRSTI KOSKINEN

## **LASKEUTUSALTAIDEN VAIKUTUS TURVETUOTANTO- ALUEIDEN VESISTÖKUORMITUKSEEN**

**English summary: The effects of the sedimentation ponds on the load coming  
from the peat production areas to the watercourses**

**HELSINKI 1985**

0-0400-04-130 1985  
0400-04-130 1985

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesihallituksen virallisena kannanottona.

VESIHALLITUKSEN TIEDOTUKSIA koskevat tilaukset: Valtion painatuskeskus PL 516, 00101 Helsinki,  
puh. (90)539 011/julkaisutilaukset

ISBN 951-46-9058-3  
ISSN 0355-0745

# SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1 JOHDANTO	5
2 TYÖRYHMÄN KOKOONPANO	5
3 TUTKIMUKSEN TAUSTAA	6
3.1 Turvetuotantoalueen ojitus	6
3.2 Ojituksen hydrologiset vaikutukset	6
3.3 Turvetuotantoalueen vesistökuormitus	8
3.3.1 Kiintoaine	8
3.3.2 Happamuus	9
3.3.3 Liuennut orgaaninen aine	9
3.3.4 Fosfori-, typpi- ja rautakuormitus	10
3.3.5 Vesistövaikutusten ilmeneminen	10
3.4 Laskeutuksen teoriaa	11
3.5 Laskeutusallasratkaisut ja niiden toimivuus eri turvetuottajamaissa	14
3.5.1 Suomi	14
3.5.2 Irlanti	16
3.5.3 Neuvostoliitto	18
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	22
4.1 Tutkimusalueiden yleiskuvaus	22
4.2 Sää- ja virtaamamittaukset	31
4.3 Vesianalyysit	31
4.4 Turvetutkimukset	32
4.5 Lietetutkimukset	33
5 TULOKSET	33
5.1 Tutkimusalueiden turpeen laatu	33
5.2 Sadanta ja valunta	35
5.3 Koihnanneva	38
5.3.2 Laskeutumisolot altaassa	38
5.3.2 Lietekertymä	39
5.3.3 Kiintoaine	39
5.3.4 Ravinteet ja kemiallinen hapenkulutus	41
5.3.5 Muut vedenlaatutekijät	43
5.4 Kairineva	43
5.4.1 Laskeutumisolot altaissa	43
5.4.2 Lietekertymä	44
5.4.3 Kiintoaine	46
5.4.4 Ravinteet ja kemiallinen hapenkulutus	49
5.4.5 Muut vedenlaatutekijät	51
5.5 Jauhoso	52
5.5.1 Laskeutumisolot altaassa	52
5.5.2 Lietekertymät	53
5.5.3 Kiintoaine	53
5.5.4 Ravinteet ja kemiallinen hapenkulutus	55
5.5.5 Muut vedenlaatutekijät	56

5.6	Räiskinsuo	56
5.61	Laskeutumisolot altaissa	56
5.62	Lietekertymät	57
5.63	Kiintoaine	57
5.64	Ravinteet ja kemiallinen hapenkulutus	59
5.65	Muut vedenlaatutekijät	61
5.7	Porrasneva	61
5.71	Laskeutumisolot altaassa	61
5.72	Lietekertymä	62
5.73	Kiintoaine	62
5.74	Ravinteet ja kemiallinen hapenkulutus	64
5.75	Muut vedenlaatutekijät	68
6	TULOSTEN TARKASTELUA	68
6.1	Laskeutusaltaiden ominaisuudet kiintoaineen pidättäjinä	68
6.2	Altaiden mitoituksen soveltuvuus käytäntöön	70
6.3	Laskeutusaltaiden puhdistettavuus	71
6.4	Laskeutusaltaiden vaikutus valumaveden laatuun ja kuormitukseen	72
6.5	Sadannan vaikutus valumaan	74
6.6	Vesiensuojelutoimenpiteiden aiheuttamat kustannukset	76
7	KIINTOAINEEN PIDÄTTÄMINEN SARKAOJASTOON	76
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	83
9	TIIVISTELMÄ	87
10	SUMMARY	88
	KIRJALLISUUS	91

## 1 JOHDANTO

Turvetuotannon ja sitä varten valmisteltujen ojitusalueiden on todettu muuttavan suolta tulevan valumaveden laatua. Vesistövaikutuksista on kiintoaineen lisääntymistä ja sen aiheuttamaa liettymistä pidetty keskeisenä. Tämän tutkimuksen avulla oli tarkoitus kartoittaa erityyppisten ja eri tuotantovaiheissa olevien turvesoiden valumaveden laatua ja siinä tapahtuvia muutoksia sekä kehitellä menetelmiä mahdollisten haittojen eliminoinniseksi. Lisäksi tutkimuksen perusteella tarkasteltiin vesihallituksen valvontaohjeessa 45 esitettyjen alustavien mitoitussarvojen soveltuvuutta käytäntöön. Tutkimus rajattiin käytännössä koskemaan turvetyömaiden aiheuttaman vesistökuormituksen vähentämistä laskeutusaltaiden avulla. Vesistövaikutusten selvittely jätettiin tämän tutkimuksen ulkopuolelle, mutta suon käyttövaiheen merkitystä kokonaiskuormituksen kannalta sekä turpeen laadun vaikutusta valumaveden laatuun oli tarkoitus tutkia.

Suunnitteluapua altain rakentamista varten turvetuottajat saivat vesihallitukselta sekä vesipiireiltä. Vesinäytteiden analysointi hoidettiin vesipiirien laboratorioissa ja näytteenotto turvetyömaan henkilökunnan sekä vesipiirin yhteistyönä. Tutkimusalueille rakennettiin näytteenoton tueksi kiinteä sadanta- ja valuntahavainnointisysteemi.

Tutkimuksesta aiheutuvista kustannuksista vastasivat Vapo Oy, Turveruukki Oy, vesi- ja lieteanalyysien osalta Oulun, Kokkolan ja Vaasan vesipiirit sekä hydrologisen aineiston ja ATK-käsittelyn aiheuttamista kustannuksista vesihallitus. Tutkimuksen toteutukseen turvetuottajat saivat myös kauppa- ja teollisuusministeriön energiatutkimusrahaa vuosille 1983 - 1984.

## 2 TYÖRYHMÄN KOKOONPANO

Turvetuotannon vesistövaikutusten vähentämistä laskeutusaltaiden avulla selvittelevä työryhmä perustettiin Vaasan vesipiirin vesitoimiston ja Valtion polttoainokeskuksen aloitteesta. Toimintansa työryhmä aloitti 5.10.1981.

Työryhmän puheenjohtajina toimivat:

Agron. Erkki Pälikkö	vesihallitus (5.10.1981 - 1.9.1983)
Tekn.lis. Esko Lakso	vesihallitus (1.9.1983 alkaen)

Vastaavina tutkijoina olivat:

Dipl.ins. Tuula Sillanpää	Vapo Oy (5.10.1981 - 16.6.1982)
Fil.lis. Pirkko Selin	Vapo Oy (17.9.1982 alkaen)
Luonnont.kand. Kirsti Koskinen	projektin tutkija (1.5.1983 alkaen)

Lisäksi työryhmään kuuluivat seuraavat henkilöt:

Ylitark. Seppo Oikarinen	kauppa- ja teollisuusministeriö
Dipl.ins. Antti Lehtinen	vesihallitus, asiantuntijajäsen
Ylitark. Pirkko Valpasvuo-Jaatinen	vesihallitus, asiantuntijajäsen
Maat. ja metsät.kand. Tapani Sallantaus	Helsingin yliopisto, asiantuntijajäsen
Toimialapääll. Lauri Putikka	Vaasan vesipiiri
Toimialapääll. Päiviö Tokola	Kokkolan vesipiiri
Rak.mest. Urpo Haapaniemi	Oulun vesipiiri
Työpääll. Jussi Unkuri	Vapo Oy
Työpääll. Jouko Mäkikorttila	Vapo Oy
Fil.maist. Jaakko Lehtovaara	Vapo Oy
Aluepääll. Saul Rabinä	Turveruukki Oy
Työpääll. Seppo Karhu	Turveruukki Oy
Ins. Juhani Sauli	Turveteollisuusliitto ry.
Ins. Teuvo Taimisto	Turveteollisuusliitto ry.

Hydrologian toimisto avusti TKT Pertti Seunan johdolla sadanta- ja valuntahavaintojen tulkintaa ja johtopäätösten tekoa. Aineiston ATK-käsittelystä vastasivat dipl.ins. Markku Liponkoski ja tutkija Tuula Rytönen vesihallituksesta. Lisäksi työryhmän kokouksiin on osallistunut muita asiasta kiinnostuneita henkilöitä.

### 3 TUTKIMUKSEN TAUSTAA

#### 3.1 TURVETUOTANTOALUEEN OJITUS

Turpeen vedenpidätyskyky riippuu tiheydestä ja maaveden jännityksestä. Kyllästyskosteudessa turpeen vesipitoisuus on yleensä sitä suurempi mitä pienempi sen tiheys on. Heikosti maatunut rahkaturve sisältää keskimäärin 92 % vettä vaihteluvälin ollessa 84-98 %. Maaveden jännityksen (pF-arvo) kasvaessa se myös suhteellisen helposti luovuttaa pidättämänsä veden. Maatuneen turpeen ( $H > 5$ ) vesipitoisuus kyllästyskosteudessa on edellistä alhaisempi keskimäärin 89 % (vaihtelu 76-95 %), mutta maaveden jännityksen kasvaessa veden poistuminen turpeesta on vähäisempää (Klemetti ja Keys 1983, Päivänen 1983).

Suon kuivatuksella pyritään nopeuttamaan valuntaa, tyhjentämään turpeen vesivarastoa ja alentamaan pohjaveden pintaa. Samalla katkaistaan kapillaariveden kohoaminen suon pintakerrokseen. Ojituksen avulla voidaan pintakerrosten vesimäärästä poistaa noin kolmasosa (Scott 1978).

Vetisillä soilla ojitus aloitetaan ns. naverointivaiheella, jolloin yleensä talven aikana kaivetaan n. 0,35 m leveitä ja 1 m:n syvyisiä navero-ojia. Varsinaiset sarkaojat kaivetaan 20 m:n välein 1,3 - 1,8 m:n syvyisiksi. Sarkaojien määrä turvetuotantoalueilla on yleensä 500 m ha<sup>-1</sup>. Kuivatusta tehostetaan vuosittain puhdistamalla ja tarvittaessa syventämällä jo kaivettuja ojia. Vetisillä rahkasuoalueilla varsinainen kuivatusvaihe saattaa kestää jopa 5 - 7 vuotta ja sara-soilla 2 - 3 vuotta. Aikaisemmin metsäojitetut alueet saadaan turvetuotannon kannalta riittävän kuiviksi jo edellä esitettyä lyhyemmässä ajassa (Suoninen 1983).

#### 3.2 OJITUKSEN HYDROLOGISET VAIKUTUKSET

Turvetuotantoalueiden hydrologiaa on toistaiseksi tutkittu Suomessa vähän ja julkaistut tutkimukset käsittelevät pääasiassa turvetuotannon aiheuttamaa vesistökuormitusta (Sallantaus 1983). Metsäojitusten vaikutusta suon hydrologiaan on selvitetty huomattavasti laajemmin (Mustonen ja Seuna 1971, Ahti 1975, Heikurainen ym. 1978, Heikurainen 1976, 1980 a ja b, Kytövuori 1979, Seuna 1981 a ja b, 1982).

Ojitus vaikuttaa suon hydrologiaan alentamalla pohjaveden pintaa, tyhjentämällä vesivarastoa ja alentamalla valuntakynnystä (Mustonen ja Seuna 1971, Heikurainen 1976, Kytövuori 1979, Sallantaus 1983). Vesitilan tyhjentymisen seurauksena turpeeseen syntyy huokostilaa, joka saattaa täyttyä kyllästystilanteessa. Pohjaveden pinnan aleneminen vähentää suoraan suon pinnasta tapahtuvaa haihduntaa (evaporaatio) ja aiheuttaa myös muutoksia kasvien kautta tapahtuvaan haihduntaan (transpiraatio). Turvetuotantoalueilta sarkojen kohdalla olevaa haihduttavaa pintakasvillisuutta poistetaan pääasiassa vasta varsinaisen kuivatusvaiheen päätyttyä kunnostusvaiheessa.

Metsäojitetulla Kaakkois-Suomessa sijaitsevalla Huhtisuolla ( $A = 5 \text{ km}^2$ ) ojatiheyden ollessa 225 m ha<sup>-1</sup> haihdunnan pienentymisestä aiheutuva vuosivalunnan kasvu oli Seunan (1981 b) mukaan ojitusta seuraavana yhdeksänä vuonna 29 % eli 65 mm a<sup>-1</sup> ja seuraavien kymmenen vuoden aikana keskimäärin 15 mm a<sup>-1</sup>. Kevätylivalumat kasvoivat ojituksen jälkeisenä yhdeksänä vuotena keskimäärin 31 % ja pienenevät sitä seuraavan kymmenen vuoden aikana 13 % alkuperäiseen valumanarvoon verrattuna (Seuna 1981 b). Vastaava keskimääräisen kesäylivaluman kasvu oli ensimmäisten yhdeksän vuoden aikana 131 % ja myöhemmin 19 %. Myös alivalumat lisääntyivät selvästi ojituksen jälkeisenä aikana.

Vesivaraston tyhjentyminen ja haihdunnan pienentyminen vaikuttavat suoraan valumaan ja vesivaraston tyhjentymistä seuraava pinnan painuminen on sitä voimakkaampaa mitä vetisempi suo on ojittettavana (Lehtimäki 1979). Valunnan on todettu kasvavan varsinkin muutamina ensimmäisinä vuosina (Mustonen ja Seuna 1971, 1981 b, 1982, Heikurainen 1980 a ja b, Kytövuori 1979, Sallantaus 1983). Seunan (1982) mukaan Pohjois-Suomessa sijaitsevan Ylijoen suoperäisen valuma-alueen ( $A = 56 \text{ km}^2$ ) metsäojitus lisäsi kahtena ensimmäisenä vuonna vuosivalumaa 10 %, vähensi kevätylivalumaa 10 %, lisäsi kesäylivalumaa 35 % sekä talvi- ja kesäaikaista alivalumaa noin 50 %:lla.

Sarkaojaleveys vaikuttaa valunnan suuruuteen ja ajankohtaan siten, että sarkaleveyden kasvaessa lähestytään hydrologista luonnontilaa (Ahti 1975). Sallantaus (1983) tutkimien turvetuotantoalueiden ojituksen jälkeinen vuosivaluman kasvu oli  $6 - 10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja huomattava osa tästä valumasta poistui jo muuttaman kuukauden kuluttua ojituksesta. Larginin ym. (1983) mukaan turvetuotantoalueen ojituksen jälkeisen kuukauden valunta kasvaa n. 20 %:lla pitkäaikaiseen keskiarvoon verrattuna ja ensimmäisen viikon aikana valunta saattaa olla jopa 2,5-kertainen ojitusta edeltävään tilanteeseen verrattuna.

Ojitus vaikuttaa pintaturpeen veden läpäisyyteen ja veden pidätyskykyyn turpeen tiivistymisen vuoksi (Korpijaakko ja Pheaney 1976). Sallantaus (1983) on todennut varsinkin ojitusvaiheessa, mutta myös tuotantovaiheessa, olevien turvekenttien pidättävän huomattavan sademäärän. Sadannan rankkuus vaikuttaa ratkaisevasti pintavaluntakynnyksen ylittymiseen.

Sallantaus (1983) tutkimusten mukaan turvetuotantoalueiden kokonaisvalunta vastaa likimain keskimääräistä Suomen kokonaisvaluntaa, mutta ojitusalueiden valunta on ensimmäisenä vuonna noin vuosivalunnan verran normaalia suurempi. Tämä vastaa n. 200-300 mm:n vesivaraston tyhjenemistä. Turvetuotantoa varten valmisteltavilla ojitusalueilla valuma on Sallantaus (1983) mukaan tasaisempaa kuin varsinaisilla turvetuotantoalueilla, sillä ylivalumat ovat pienempiä ja alivalumat huomattavasti tuotantokunnossa olevan alueen valumia suurempia. Tuotantokuntoisilla alueilla kevätkuvalunta seuraa pienen alkuviiheen jälkeen sulannan alkamista, koska vesi ei varastoidu tiiviiseen, routaiseen ja profiloituun kenttään. Sarkaojien kaltevuus vaikuttaa ratkaisevasti veden lyhytaikaiseen varastoitumiseen, sillä ojien kaltevuuden ollessa vähäinen ojastot tasaavat hetkellisiä valuman vaihteluja. Lumien sulamisen jälkeen valunta pienenee turvetuotantoalueilla nopeasti ja ojitusalueilla paljon hitaammin. Kevään säätilalla on ratkaiseva merkitys valumahuipun ajankohtaan ja myös suuruuteen. Kevätkuvalunta ajoittuu yleensä puuttomilla ja ojitetuilla turvetuotantoalueilla aikaisemmaksi kuin luonnontilan aikana, sillä metsäisillä soilla puusto hidastaa sulantaa ja toisaalta taas ojitus edistää sulamisvesien kulkeutumista (Ahti 1975, Ferda ja Novak 1976). Sallantaus (1983) mukaan turvetuotantoalueen vaikutus kevätylivalumiin on samantapainen kuin peltoalueen vaikutus ja metsäisillä alueilla turvetuotantoalue todennäköisesti pienentää kevätylivalumia, jos pääosa valuma-alueesta on puustoa kasvavaa metsää tai ojittamatonta suota. Suurten ylivalumien edellytyksenä roudattomana aikana on se, että sadanta ylittää kentän suodannan mm. pitkäaikaisten sadejaksojen aikana (Mustonen ja Seuna 1971, Heikurainen 1980 b). Tuotantokuntoisten alueiden alivalumat pienenevät vesivaraston tyhjentyessä, suon tiivistyessä ja heikosti maatuneen turpeen vähentyessä tuotannon myötä.

Talven aikainen valunta turvetuotantoalueilta on suurimmillaan alkutalvesta haihdunnan ollessa vähäistä ja turpeen varastotilan ollessa täynnä syyssateiden vuoksi. Tällöin vetenä tullut sadanta tai sulava lumi joutuu tuotantoalueilta säätilasta riippuen nopeasti valunnaksi. Pienimmillään valunta on loppupalvesta ennen sulannan alkamista.

Turvetuotantoalueiden ojituksen vaikutuksia pohjavesitasoon on vähän tutkittu Suomessa. Havaintoja on pääasiassa pinnan painumisesta ja sitä kautta arvioidusta vesivaraston tyhjentymisestä (Kytövuori 1979, Lehtimäki 1979). Ojitus Seunan (1981) mukaan alentaa pohjavesitasoa varsinaisen ojitusalueen ulkopuolella silloin, kun kyseessä on minerotrofisen, suorassa yhteydessä kivennäismaahan olevan suon ojitus. Mitä karkeampaa alapuolinen kivennäismaa on turvekentän ojen ulottuessa mineraalimaahan sitä voimakkaammin ojitusalueen ja ympäristön pohjaveden taso pyrkii tasoittumaan. Ombrotrofisten eli sade- ja valumavesien varassa olevien soiden pohjavesipinta ei ole suorassa yhteydessä ympäröivien alueiden pohjavesipintoihin.

### 3.3 TURVETUOTANTOALUEEN VESISTÖKUORMITUS

#### 3.31 Kiintoaine

Välittömästi ojitusajankohdan jälkeen runsaiden valumavesien (esim. kevätvalunta, rankkasade) aiheuttama eroosio kuljettaa ojituksen paljastamista turvekeroksista irronneita turvehiukkasia alapuoliseen vesistöön, ellei kiintoaineen vesistöön pääsyä estetä erillisjärjestelyillä. Korkeimmat kiintoainepitoisuudet esiintyvät ojaverkoston rakentamisen aikana ja välittömästi ojituksen jälkeen ojasyvyydestä ja kaltevuudesta, ojitustavasta, turpeen laadusta ja ojitusajankohdasta riippuen. Koska valuman määrä lisääntyy välittömästi ojituksen jälkeen, aiheuttaa se myös kokonaiskiintoainekuormituksen kasvua.

Larginin ym. (1983) tutkimusten mukaan luonnontilaisille soille talvella kaivetujen ojien ojitusaikaisesta kiintoainekuormituksesta 30 % tapahtuu ensimmäisen vuorokauden aikana, 50 % ensimmäisten kolmen vuorokauden aikana ja 75-80 % kuukauden kuluessa. Täydennysojitusta esikuivatetuille alueille tehtäessä huuhoutumasta 94 % ajoittuu kolmen ensimmäisen vuorokauden ajalle.

Taulukko 1. Kaivamalla toteutetun Ulomskoje 1 turvetuotantoalueen sarkaojien kaivun aiheuttama ojitusaikainen kiintoainekuormitus 10 m:n sarkaojavälein toteutetulla ojitusalueella (Largin ym. 1983). Tutkimuksen aikaiset virtaama- ja pinta-alatiedot puuttuvat.

Ojan kaivussyvyys  Syvyys m	Keskimääräinen kiintoainekuormitus			
	Ojituksen aloittamisesta kulunut aika			
	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>		
	3 h	3 d	> 3 d	3 kk
luonnontilainen suo				
0,8	8,6	18,6	6,8	0,048
1,2	9,0	19,4	6,7	0,050
1,4	12,1	26,2	11,1	0,057
1,8	27,8	60,1	24,4	0,203
esikuivatettu suo				
1,8	20,0	9,8	1,0	0,006

Esikuivatetuilla alueilla 1,8 m:n syvyisten ojien kaivu aiheutti Larginin aineiston mukaan huomattavasti vähäisemmän kiintoainekuormituksen kuin luonnontilaisen suon ojittaminen yhdellä kertaa lopulliseen 1,8 m:n syvyyteen.



Sallantauksen (1983) tutkimuksen mukaan ojituksen aiheuttama kiintoainekuorma on 60-90 kg ha<sup>-1</sup> kaivukautta kohti. Talvella kuormitus on alhaisimmillaan ja suurimmillaan kevättulvan aikana. Suurin vuorokautinen huuhtoutuma mm. Lupikistonnevan ojitusalueella on ollut 1 kg ha<sup>-1</sup>. Kesä-lokakuun aikaiset kiintoainehuuhtoutumat ojitusalueelta ovat vaihdelleet 10 - 30 kg ha<sup>-1</sup>.

Tuotantovaiheessa olevien alueiden kiintoainekuormitushuippu ajoittuu Sallantauksen (1983) tutkimusten mukaan nimenomaan kesän ja syksyn rankkasateiden ajalle. Tämän ajanjakson (roudaton kausi) aikaiset rankkasateet voivat kuljettaa kentän pinnalla olevaa irtonaista jyrsöstä mukanaan. Tällöin kulkeutuva kiintoaine on Sallantauksen mukaan myös laadultaan sellaista, että se on laskeutettavissa. Turvekerroksen maatuneisuudella ja huuhtoutumisherkkyydellä on selvä riippuvuus. Sallantauksen aineiston perusteella arvioitu vuotuinen keskimääräinen turvetuotantoalueiden kiintoainekuormitus ilman erillisiä vesiensuojelujärjestelyjä on 100 kg ha<sup>-1</sup> (10 t km<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> ja maksimikuormitus 300 kg ha<sup>-1</sup> (30 t km<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>). Yanushevskiyn (1983) mukaan vastaava vuotuinen kiintoainekuormitus on 150-300 kg ha<sup>-1</sup> (15-30 t km<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>). Seunan (1982) mukaan 60 % suota käsittävältä metsäojitusalueelta (ojitusprosentti 17 %) vuotuinen tuleva kiintoainekuorma on ollut 75-127 kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> (7-12 t km<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>) ja vertailualueen perusteella arvioitu ojituksen aiheuttama kuormituslisäys on vähintään 55-62 kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> (n. 6 t km<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>).

Vesistöissä kiintoainekuormitus aiheuttaa liettymistä ja siitä aiheutuvaa rantojen mataloitumista sekä hajotessaan ravinteiden vapautumista ja hapenkulutusta. Kivennäisperäiseen kiintoaineeseen verrattuna orgaanista alkuperää oleva kiintoaine on alhaisen tilavuuspainonsa vuoksi tilaa vievää sekä vaikeammin laskeutuvaa. Joissakin tapauksissa varsinaista ojitus- tai turvetuotantoaluetta kertaluokkaa enemmän kiintoainekuormitusta aiheuttaa eroosioherkän laskuojan syöpyminen (Sallantaus 1983). Ilmiö on verrattavissa muihin eroosioherkillä alueilla tehtäviin toimenpiteisiin.

### 3.32 Happamuus

Turvetuotantoalueelta esiojitettaessa lähtee liikkeelle turvekerroksessa seisonutta vettä, joka saattaa turpeen laadusta riippuen olla melko hapanta (Tolonen ja Hosiaisloma 1978, Heikurainen ym. 1978, 1980 a, Largin ym. 1983, Sallantaus 1983, Yanushevskiy 1983). Rahkavaltaisilla soilla valumaveden pH-luku saattaa olla alle pH 4,0, mutta saravaltaisilla alueilla se on yleensä lähellä neutraalia.

Turvetuotantoalueilla ojituksen edetessä syvempiin turvekerroksiin valumaveden pH-luku alkaa kohota turvelaadun muutoksen seurauksena tai valumaveden jou tuessa kosketuksiin kivennäismaan kanssa (Sallantaus ja Pätilä 1983). Mm. Larginin ym. (1983) tutkimusten mukaan neuvostoliittolaisella Ulomskoje 1 esikuivatusalueen valumaveden pH-luku oli 4,5-5,2 ja samalla alueella syvemmälle kaivettavilla ojituslohkoilla pH 7,1-7,5. Alhaisimmat pH-luvut esiintyvät yleensä valumahuippujen aikana, jolloin suurin osa valumavedestä on ollut kosketuksissa vain happamien pintaturvekerrosten kanssa (Clausen 1980, Sallantaus 1983).

### 3.33 Liennut orgaaninen aine

Luonnontilaiselta suolta tuleva vesi sisältää runsaasti liuenneita orgaanisia yhdisteitä, jotka antavat suovedelle tyypillisen ruskean värin. Orgaanisista yhdisteistä 80 - 90 % on fulvo- ja humushappoja (Heikurainen 1980 a, Largin ym. 1983). Liennutta orgaanista ainetta mitataan rutiinivesianalytiikassa väriarvoina ja KHT:na.

Selvimmän muutokset näkyvät ojitusaikana väriarvon kohoamisena ja sameuden lisääntymisenä. Ojitus edistää liuenneiden orgaanisten aineiden kulkeutumista tyhjentämällä suon vesivarastoa. Ojituksen jälkeinen liuenneen aineen vuosihuhtoutuma on Sallantauksen (1983) aineistossa ollut 48-70 t km<sup>-2</sup> ojitusta seuraavan vuoden aikana ja Yanushevskiyn (1983) aineistossa 25-80 t km<sup>-2</sup>.

Tuotannossa olevilla alueilla orgaanisen aineen pitoisuudet vaihtelevat vuoden-aikojen ja säätilan mukaan. Valunnan kasvaessa liuenneen orgaanisen aineen pitoisuus saattaa laimentumisen vuoksi alentua, mutta samanaikaisesti kokonais-huuhtoutuma kasvaa (vrt. Ferda ja Novak 1976, Korpijaakko ja Pheeney 1976, Sallantaus 1983). Vaikka orgaanisen kiintoaineen pitoisuudet liuenneeseen kuormitukseen verrattuna saattavat hetkellisesti olla monikymmenkertaisia, orgaanisen liuenneen kuormituksen osuus on yleensä hiukasmaista kuormitusta suurempi. Sallantauksen mukaan tuotantoalueelta keskimäärin tuleva liuenneen orgaanisen aineen huuhtoutuma on  $26 \text{ t km}^{-2}\text{a}^{-1}$ .

### 3.34 Fosfori-, typpi- ja rautakuormitus

Vesistöissä rehevyytason määrää yleensä sinne tuleva fosforikuormitus. Typpi-yhdisteistä vesistön kannalta tärkeimpiä ovat nitraatit sekä ammoniumtyppi. Ojitus- ja turvetuotantoalueilta tuleva ravinnekuormitus riippuu valunnasta ja sen mukana tulevasta kuormituksesta, vuodenajasta sekä kentässä ja ojastoissa tapahtuvan hajoitustoiminnan vilkkaudesta (vrt. Hortenstine ja Forbes 1972, Nichols ja Mac Crimmon 1974, Clausen 1980, Bergquist 1981, Hynninen ja Sepponen 1983, Sallantaus 1983). Kiintoaineeseen sitoutuneet ravinteet ovat vesistön rehevyytason kannalta merkittäviä kiintoaineen hajoamisen jälkeen.

Liuenneen fosforin pitoisuudet ovat alhaisimmillaan kevättulvan aikana ja korkeimmillaan alivalumien aikana. Fosforin keskimääräinen tuotantoalueen vuosihuhtoutuma on eroosiofosforia huomioonottamatta keskimäärin  $27 \text{ kg km}^{-2}$  (vaihteluväli  $11\text{--}54 \text{ kg km}^{-2}$ /Sallantaus 1983). Sallantauksen mukaan turvetuotantoalueiden fosforihuhtoutumat ovat peltoviljely- tai metsälannoitusalueisiin verrattuna varsin pieniä, sillä poikkeuksellisen sateisena vuonna 1981 ainoastaan Mustakeitaan ojitusalueen fosforihuhtoutuma oli selvästi suurempi ( $120 \text{ kg km}^{-2}\text{a}^{-1}$ ) kuin tyypilliset huuhtoutumat metsälannoitus- tai peltoalueilta (Sallantaus 1983 s. 93). Alueilla, joilla on todettu korkeita fosforipitoisuuksia, sarkaojat yleensä ulottuvat saravaltaiseen turpeeseen ja kivennäismaahan. Kuitenkaan saraturpeiden esiintyminen ei Sallantauksen mukaan välttämättä aina merkitse korkeita fosforipitoisuuksia.

Peltoalueelta tulevasta tuestä valtaosa on nitraattimuodossa (Kauppi 1979 a,b, Jaakkola 1979), mutta turvetuotantoalueelta tulevan valumaveden typpikuormitus muodostuu huomattavalta osalta ammoniumtuestä. Sallantauksen (1983) mukaan keskimääräinen vuotuinen turvetuotantoalueiden typpihuhtoutuma on  $650 \text{ kg km}^{-2}$  vaihtelun ollessa  $460\text{--}1000 \text{ kg km}^{-2}$ . Raudan pitoisuudet käyttäytyivät valunta- ja säätekijöiden suhteen samoin kuin fosforipitoisuudet. Sallantauksen (1983) mukaan kesä-lokakuun aikainen raudan huuhtoutuma oli  $150\text{--}1000 \text{ kg km}^{-2}$ .

### 3.35 Vesistövaikutusten ilmeneminen

Turvetuotantoalueiden valumavesissä on vesistökuormituksen kannalta keskeisenä asiana pidetty orgaanisen aineen lisääntymistä ja ravinteiden huuhtoutumista. Kiintoaineen lisääntymistä on pidetty haitallisena pohjien liettymisen vuoksi (kutualustat, perifytonlevästö, pohjaeläimet, vrt. Sabo 1974 a,b, Largin ym. 1983, Olsson ja Näslund 1983 a, b). Hajotessaan kiintoaine kuluttaa myös vesistön happivaroja. Ravinnehuuhtoutumat ja orgaanisesta aineesta hajotuksen tuloksena vapautuvat ravinteet lisäävät alapuolisen vesistön perustuotantotasoa ja ammoniumtyppi kuluttaa lisäksi happea hapettuuessaan nitraatiksi.

Alivaluman kasvu voi olla eliöstön kannalta positiivinen ilmiö etenkin latvavesistöjen joissa. Toisaalta, jos alivaluman lisäys saadaan aikaan ravinteikkaalla vedellä, ei se alapuolisen vesistön veden laadun kannalta ole hyväksi. Ylivalumien kasvu ja nopeat valumamuutokset sen sijaan ovat haitallisia lisääntyneen eroosion vuoksi (Sabo 1974 b, Sharpe 1975).

Vesistövaikutuksista on tähän mennessä julkaistu vähän tutkimuksia. Huuhtoutumien perusteella turvetuotannon osuus hajakuormituksesta on melko pieni (vrt. Sallantaus 1983). Sen merkitys on paikallista ja riippuu vastaanottavan vesistön luonteesta, turvetuotantoalueen laajuudesta ja valuma-alueen koosta.

Tähän mennessä tehdyissä tutkimuksissa on havainnointu lähinnä jokialueita, Olssonin ym. (1984) tutkimuksessa turvetuotantoalueen valumavedet näkyivät vastaanottavassa joessa orgaanisen aineen lisääntymisenä. Tuotantoalueen alapuolella partikkelimaisen hiilen pitoisuudet olivat kohonneet keskimäärin 35 kertaisiksi ja liuenneen orgaanisen aineen pitoisuudet viisinkertaisiksi yläpuolen vesinäytteisiin verrattuna. Koskien pohjakivikoissa oli laskeutunutta turvetta n. 1 km matkalla tuotantoalueen alapuolella. Ammoniumtypen ja raudan pitoisuuksissa on havaittu kohoamista tuotantoalueen alapuolisessa joessa (Koskinen 1983).

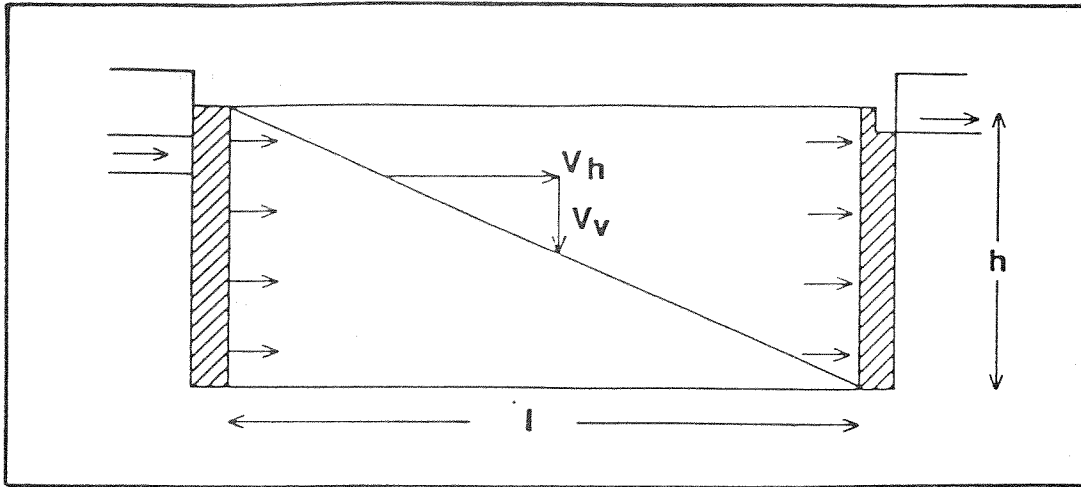
Andersson ym. (1982) ja Olsson ym. (1984) ovat todenneet turvetuotantoalueiden alapuolisissa jokialueissa perifytonin lajistomuutoksia sekä perifytonia ravintonaan käyttävien pohjaeläinten lajisto- ja yksilömäärämuutoksien laskua sekä kokojakaumien painottamista pienempikokoisiin eläimiin. Lajiston yksipuolistuksessa pohjaeläinten yksilömäärät saattoivat kuitenkin kasvaa yhden lajin muodostaessa suurimman osan yksilömäärästä (Olsson ja Näslund 1982, Olsson ym. 1984). Kokojakaumamuutoksiin on esitetty erääksi syyksi pohjaeläinten ravinnossa tapahtunutta muutosta. Vaikka turve tyypipitoisuutensa puolesta on parempaa ravintoa kuin tutkimuksessa vertailuravintona ollut lehtikarikeri, saattaa turpeen korkeampi fenolipitoisuus Olssonin ja Söderbergin (1984) mukaan aiheuttaa kasvun hidastumista.

Kalaston kannalta oleelliset muutokset aiheutuvat kutualustojen liettymisestä, talven happitilanteen huononemisesta orgaanisen aineen hajotessa ja ravintolajistossa tapahtuvista muutoksista. Olssonin ja Näslundin (1983a) tutkimuksessa taimenen ja kivisimpun kasvu turvetuotantoalueen alapuolisessa joessa oli heikompaa ja yksilömäärät pienempiä kuin suon yläpuolisessa joen osassa. Andersson ym. (1982) eivät havainneet ojitusta seuraavan vuoden aikana kalastossa tapahtuneen oleellisia muutoksia. Samoin plankton- sekä makrofyyttitutkimuksessa havaitut muutokset eivät olleet normaalia vuosittaisvaihtelua suurempia.

### 3.4 LASKEUTUKSEN TEORIAA

Laskeutusallastekniikalla on tarkoitus erottaa vedessä olevia hiukkasia painovoimaa hyväksi käyttäen. Laskeutusaltaita on jo kauan käytetty mm. yhdyskuntajätevesien käsittelyssä ja teoriaa on laajemmin käsitelty useissa julkaisuissa (Huisman 1973, Ryti 1975, Kajosaari 1981, Hosia 1982, Aho ja Kantola 1984). Läpivirtaustekniikalla toimivassa laskeutusaltaassa, jollaisia mm. turvetuotantoalueen altaat ovat, veden tulisi viipyä niin kauan, että hiukkaset ehtivät sedimentoitua altaan pohjalle. Luonnon oloissa laskeutuminen ei tapahdu ideaalisesti, sillä siellä altaan tulo- ja lähtövirtaukset, altaan muodon poikkeaminen ihanteellisesta ja lämpötilavaihtelut sekä tuuli aiheuttavat todellisuudessa häiriöitä laskeutumiseen.

Läpivirtausperiaatteella toimivan altaan mitoituksessa käytetään lähtökohtana yleensä ns. pintakuormaa. Suorakulmaisessa altaassa tuloveden oletetaan jakaantuvan tasaisesti koko virtaussuunnan poikkipinta-alalle. Tällöin virtausnopeus altaan kaikissa osissa voidaan olettaa samaksi. Viimeisen vedestä erottuvan hiukkasen avulla voidaan pelkistää teoriaa kuvan 1 osoittamalla tavalla (Kajosaari 1981).



$l$  = laskeutusaltan pituus, m  
 $h$  = laskeutusaltan syvyys, m  
 $b$  = laskeutusaltan leveys, m

$V_h$  = virtausnopeus,  $\text{m s}^{-1}$   
 $V_v$  = laskeutumisnopeus,  $\text{m s}^{-1}$   
 $A$  = altaan pinta-ala,  $\text{m}^2$   
 $Q$  = virtaama,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

Kuva 1. Pintakuormateorian johtaminen (Kajosaari 1981).

Hiukkasen tarvitsema virtausaika matkalla  $l$  on sama kuin hiukkasen laskeutumisaika matkalla  $h$ , eli

$$(1.1) \quad \frac{l}{V_h} = \frac{h}{V_v}$$

Virtausnopeus on virtaaman ja poikkipinta-alan osamäärä

eli  $V_h = \frac{Q}{hb}$  ja koska  $A = bl$ , kaava saa seuraavan muodon:

$$(1.2) \quad V_v = \frac{Q}{A} = \text{pintakuorma}$$

Kaavan (1.2) mukaan laskeutusaltaassa hitaimmin laskeutuvan, altaaseen juuri ja juuri pidättyvän hiukkasen laskeutumisnopeus on sama kuin altaan virtaaman ja pinta-alan ( $\frac{Q}{A}$ ) osamäärä. Tällä osamäärällä tarkoitetaan pintakuormaa ja sen dimensio on  $\text{m h}^{-1}$ . Pintakuormateorian mukaan laskeutusaltan toimivuus ei siis ole ratkaisevasti riippuvainen altaan syvyydestä. Vesilaitostekniikassa pintakuorman ohjearvona on käytetty  $0.8\text{--}1.5 \text{ m h}^{-1}$  (Kajosaari 1981). Turvetuotantoalueille on mitoitusarvona käytetty ohjeellista arvoa  $1 \text{ m h}^{-1}$ . Läpivirtausaltaassa vaakasuora virtaus ei saa olla voimakkaasti turbulenttista, sillä tällöin laskeutuminen häiriintyy ja altaaseen jo aikaisemmin laskeutunut hienojakoinen sedimentti saattaa epäsuotuisissa oloissa lähteä uudelleen liikkeelle.

Laskeutumassa olevan hiukkasen nopeus kiihtyy, kunnes veden kitkavoima on yhtä suuri kuin liikkeellepanovoima. Tämän jälkeen hiukkasen nopeus nesteeseen verrattuna on vakio. Tämä rajanopeus eli hiukkasen laskeutumisnopeus on ratkaiseva sedimentaatiossa. Hiukkasen kitkakerroin ei ole vakio, vaan sen on todettu riippuvan mm. Reynoldsin luvusta (Huisman 1973), joka puolestaan on riippuvainen lämpötilasta.

Laskeutumiseen vaikuttavan virtauksen turbulenttisuutta tai laminaarisuutta kuvaavan Reynoldsin luvun laskemiseksi on esitetty kirjallisuudessa hieman toisistaan poikkeavia kaavoja riippuen siitä, mitä karakteristista mittaa kaavan sovellutuksessa on käytetty ja minkä virtausopillisen kaavan sovellutukseksi avouomavirtaus katsotaan.

Tekniikan käsikirjan (Ryti 1975) mukaan avouoman virtaukselle lasketaan Reynoldsin luku hydraulisen halkaisijan avulla seuraavalla kaavalla:

$$(1.3) \quad Re = \frac{V_h}{\nu} \cdot \frac{4A}{2h+b} = \frac{V_h \cdot D}{\nu}, \text{ missä}$$

missä  $V_h$  = veden virtausnopeus  
 $\nu$  = veden kinemaattinen viskositeetti  
 $D$  = hydraulinen halkaisija eli  
 $4 \times \text{poikkipinta-ala/märkäpiiri} = \frac{4 \cdot A_p}{2h+b}$

Hydraulisen halkaisijan avulla lasketun Reynoldsin luvun varmasti turbulenttista virtausta kuvaava raja-arvo on 10000. Reynoldsin luvun tulisi laskeutusaltaissa olla tätä pienempi, jotta voimakkaasti turbulenttinen virtaus ei aiheuta häiriöitä laskeutumiselle. Jos kaavalla (1.3) laskettu Reynoldsin luku on  $\leq 2000$ -2300, virtaus on varmasti laminaarista (Ryti 1975, Hosia 1982). Tässä tutkimuksessa esitetyt raja-arvot on laskettu kaavalla (1.3).

Reynoldsin luku voidaan laskea myös hydraulisen säteen avulla (Huisman 1973, Kajosaari 1981, Aho ja Kantola 1984).

$$(1.4) \quad Re = \frac{V_h \cdot R}{\nu} = \frac{Q}{\nu} \cdot \frac{1}{2h+b}$$

missä  $R$  = hydraulinen säde =  $\frac{A_p}{2h+b}$

Virtaus muuttuu Huismanin (1973) mukaan varmasti turbulenttiseksi, jos Reynoldsin luku kaavalla (1.4) laskettuna ylittää arvon 2000 ja virtaus on varmasti laminaarista, kun  $Re \leq 580$ . Kajosaaren (1981, s. 212) mukaan kaavan (1.4) mukainen hyväksyttävä raja turbulenttiselle virtaukselle on Huismanin arvoista poiketen  $Re < 10000$ . Raja-arvon suuruus riippuu tulopään rakenteesta, altaan seinämien laadusta sekä ohjaimien sijoituksesta ja muodosta (Huisman 1973, Aho ja Kantola 1984).

Virtauksen laminaarisuuden kannalta altaan poikkipinta-alan tulisi olla mahdollisimman suuri. Käytännössä turvetuotantoalueiden laskeutusaltaita ei voida tehdä kovin leveiksi eikä kovin syviksi ja tämän vuoksi laskeutumisoloja voitaisiin parantaa esim. rakentamalla useampia pienehköjä altaita, joissa myös virtausnopeus pystytään mitoittamaan mahdollisimman alhaiseksi. Turvetuotantoalueen laskeutusaltaihin sovellettavaa teoriaa on käsitelty laajemmin Ahon ja Kantolan (1983) tutkimuksessa.

### 3.5 LASKEUTUSALLASRATKAISUT JA NIIDEN TOIMIVUUS ERI TURVETUOTTAJAMAISIA

#### 3.5.1 S u o m i

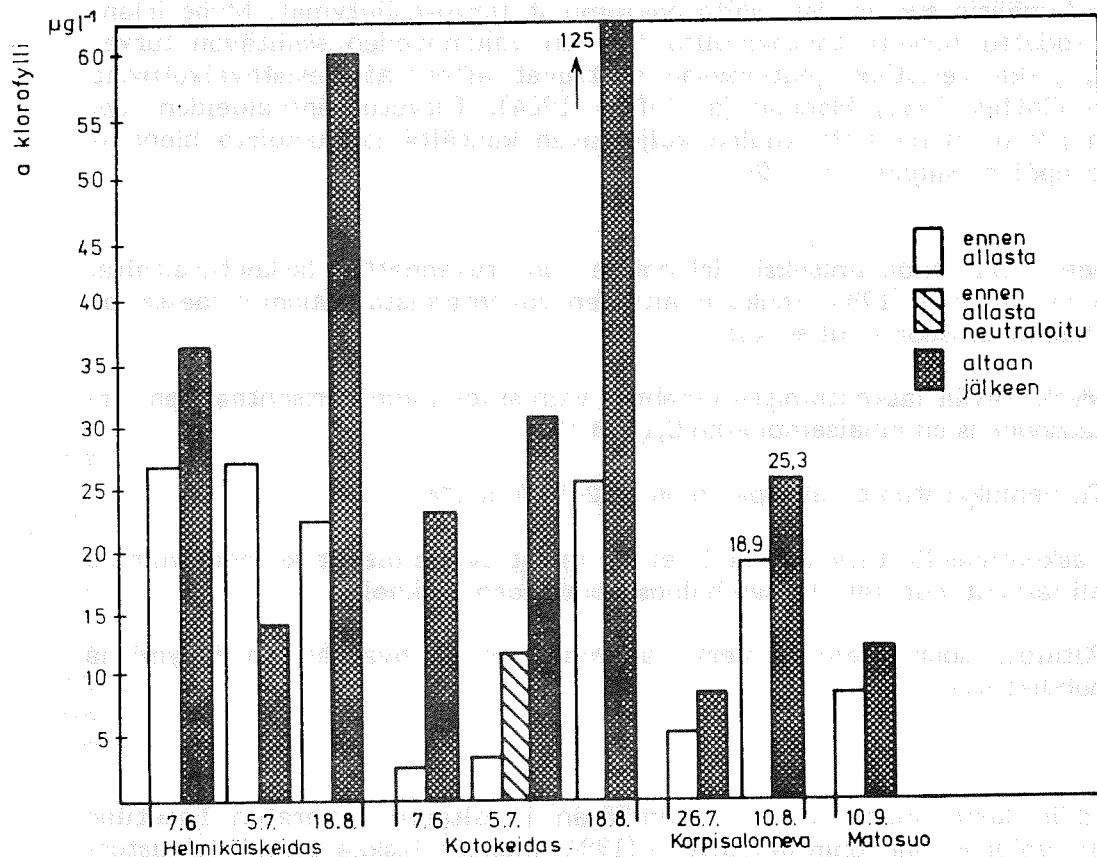
Turvetuotantoalueille rakennettavien maapohjaisten laskeutusaltaiden suunnittelussa on käytetty hyväksi jätevesitekniikasta saatua tietämystä. Turvetuottajat ovat rakentaneet käytössä olevat laskeutusaltat vesiviranomaisilta saatujen Sallantauksen (1981, 1982 a ja b) tutkimuksiin perustuvien ohjeiden mukaisesti. Metsäojituksen ja turvetuotannon vesistövaikutuksia koskevassa valvontaohjeessa n:o 45 (Vesihallitus 1983), on esitetty altaiden rakentamiseen liittyviä ohjeita, joiden mukaan ohjeellisena allaspinta-alana on käytetty  $10 \text{ m}^2$  tuotantoaluehehtaaria kohti ja pinta-alaa voidaan valvontaohjeen mukaisesti pienentää mm. pala- ja kasvuturvekentillä. Mitoitusvirtaamana on käytetty  $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Suurempia hetkellisiä valumia on tarkoitus pidättää tuotantoalueen ojaverkostoon. Mitoituksellisina ohjeina on käytetty myös vesilaitostekniikassa käytettyä  $1 \text{ m h}^{-1}$  pintakuormaa ja tunnin viipymää (Kajosaari 1981).

Ympäristövedet on valvontaohjeen mukaan eristettävä tuotantoalueen ojaverkosta reunaojilla. Mikäli tämä ei ole mahdollista, nämä vedet on otettava huomioon altaiden mitoituksessa. Ohjeiden mukaisesti ojittamattoman lisäalueen allastarve on  $3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  ja ojitetun  $5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (Lehtinen 1982, Sallantaus 1982). Laskeutusaltaiden rakentaminen on uusilla alueilla tehtävä ennen varsinaista ojitusta ja altaiden laajentamiselle ja tyhjentämiselle on varattava tarpeeksi tilaa (Vesihallitus 1983). Ojien pituuskaltevuus ja luiskien sivukaltevuudet on valittava siten, ettei veden virtaus aiheuta eroosiota. Ojastojen kaltevuuden tulisi olla mahdollisimman alhainen, mielellään alle  $1,5 \text{ o/oo}$  (Vesihallitus 1983).

Varsinaisiin altaihin on varattava lietetilaa sedimentin laskeutumista varten. Keskimääräinen käytetty allassyvyys on  $2 \text{ m}$ , josta lietetilaksi on mitoitettu n.  $1 \text{ m}$ . Muoto on yleensä ollut suorakaiteenomainen. Pituus-leveys -suhteessa on pyritty vesilaitostekniikasta saatuihin ohjearvoihin, joiden mukaan leveyden suhde pituuteen saa olla  $1:3 - 1:7$ , mutta turvetuotantoalueilla ei näitä ohjeellisia arvoja aina pystytä täyttämään käytettävän puhdistuskaluston vuoksi.

Aho ja Kantola (1984) ovat laboratoriokokeiden perusteella selvittelleet laskeutusaltaiden toimivuutta sekä valumaveden hiukkaskokojakaumaa. Pienten valumien aikana kiintoainepitoisuuden ollessa alle  $20 \text{ mg l}^{-1}$  laskeutusaltaaseen tulevan veden hiukkaskokojakaumassa vallitsevat pienikokoiset, hitaasti laskeutuvat partikkelit, joiden sedimentoituminen laskeutusaltaaseen on hyvin hidasta. Pinta-valuntakynnyksen ylittävien sateiden aikaisia havaintoja ei Aholla ja Kantolalla (1984) ollut käytettävissä, mutta todennäköisesti tällöin vallitseva hiukkaskokojakauma on alivirtaamatilanteeseen verrattuna toinen. Halkaisijaltaan  $2-5 \text{ }\mu\text{m}$ :n turvehiukkasista n.  $55 \text{ }\%$  on käytännössä laskeutumattomia. Vastaava osuus oli  $37 \text{ }\%$  partikkelikoolla  $\phi 5-15 \text{ }\mu\text{m}$  ja  $10 \text{ }\%$  partikkelikoolla  $\phi 15-30 \text{ }\mu\text{m}$ . Lähes kaikki halkaisijaltaan yli  $30 \text{ }\mu\text{m}$ :ä olevat turvehiukkaset voivat laskeutua.

Koskinen (1983) on seurannut turvetuotantoalueille rakennettujen laskeutusaltaiden toimintaa kesällä 1982 sekä vesianalyysien että levätestien avulla. Tulosten perusteella altaat eivät yksiselitteisesti parantaneet veden laatua, vaan vaikutukset altaasta lähtevän veden laatuun osoittautuivat vaihteleviksi. Altaiden kiintoaineen pidätystehokkuus on 1-5 näytteenottokerran perusteella ollut vaihteleva ja osassa näytteistä lähtevän veden kiintoainepitoisuudet olivat tulevan veden pitoisuuksia korkeampia. Levätestien ja vesianalyysien perusteella altaassa on tapahtunut ajoittain tehokasta hajoitusta, joka ilmenee mm. lähtevän veden ravinnepitoisuuksien ja levätesteissä todetun klorofylli-a:n pitoisuuden nousuna.



Kuva 2. Laskeutusaltaiin tulevalla ja ja sieltä lähtevällä vedellä tehdyn levätestin klorofylli-a-pitoisuudet (Koskinen 1983 b).

Vaasan vesipiiri on selvittänyt metsäojitusalueelle (25 ha) rakennetun 1000 m<sup>3</sup>:n laskeutusaltaan toimivuutta (Kaijalainen ja Hintsu 1982, Hintsu ym. 1984). Altaan kokonaisvaluma-alue oli 50 ha maaperältään soraista ojitusaluetta. Altaan todettiin pidättävän kiintoainetta ja kasviraivanteita erittäin tehokkaasti ojituksen aikana ja heti ojituksen jälkeen kiintoainereduktio oli 90 %, kokonaistypen reduktio 95 % ja kokonaisfosforin reduktio 63 %. Myöhemmin altaan teho kiintoaineen ja ravinteiden poistajana heikkeni selvästi (17 % 2 kk, 5 % 8 kk). Ojitusajana altaaseen tuleva kiintoaine oli karkeaa, nopeasti laskeutuvaa ja sen vuoksi myös reduktio oli hyvä. Ojitusajainen virtaama altaassa oli 8-26 ls<sup>-1</sup>. Keskimääräinen viipymä 12 tuntia, pintakuorma 0,05 mh<sup>-1</sup> ja virtausnopeus 3,2 mh<sup>-1</sup> eli 0,09 cms<sup>-1</sup>. Myöhemmin altaan kautta kulkenut vesimäärä oli 5-172 ls<sup>-1</sup>. Keskimääräinen valuma koejakson aikana oli 38,4 ls<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>. Suurin valuma oli toukokuussa ja pienin elokuussa.

(Kaijalainen & Hintsu 1982). Allasta ei tyhjennetty koejakson aikana. Parannustoimenpiteenä Kaijalainen (1981) ja Hintsu ym. (1984) esittävät altaan jakamista kahteen osaan siten, että ensimmäisessä osassa laskeutuu suurin osa kiinteästä aineksesta ja samalla virtaus tasaantuu. Jälkimmäisessä osassa taas laskeutuu hitaammin sedimentoituva aines.

### 3.52 Irlanti

Irlannissa turvetuotannolla on jo pitkät perinteet, sillä siellä on huomattavan laajat, keskimäärin suomalaisia soita paksummat turve-esiintymät. Myös Irlannissa on todettu turvetuotantoalueilta tulevan valumaveden sisältävän turvehiukkasia, jotka vesistöön joutuessaan saattavat aiheuttaa vesistövaikutuksia (Byrne ja Coffey 1980, Hannon ja Coffey 1984). Turvetuotantoalueiden läpi virtaaviin jokiin on havaittu tuulen kuljettavan kentältä ja aumoista hienojakoista turvepölyä (Migniot ym. 1969).

Kiintoaineen talteenottamiseksi Irlannissa on rakennettu laskeutusaltaita. Hannonin ja Coffeyn (1984) mukaan altaiden rakentamista suunniteltaessa on otettava huomioon seuraavat seikat:

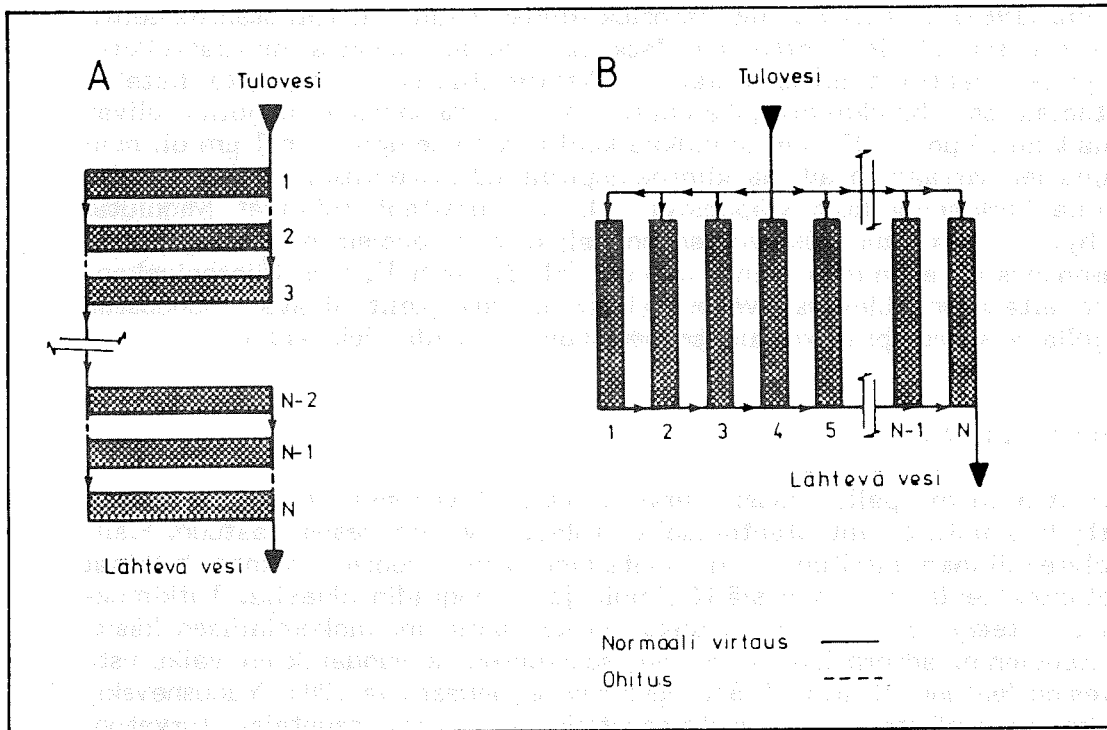
- Merkittävää laskeutumista tapahtuu vain silloin, kun horisontaalinen virtausnopeus on alhaisempi kuin  $0,15 \text{ m s}^{-1}$ .
- Turvehiukkasten ominaispaino on  $1,02\text{--}1,04 \text{ kg l}^{-1}$ .
- Laskeutuneella turvelietteellä ei ole mitattavissa olevaa koheesiovoimaa eli laskeutunut liete lähtee helposti uudelleen liikkeelle.
- Altain suunnittelussa merkittävimmät tekijät ovat altaan viipymä ja puhdistusväli.

Aikayksikköä kohti muodostuvan lietemäärän ja altaaseen varatun lietetilan perusteella voidaan Hannonin ja Coffeyn (1984) mukaan laskea altaan puhdistusväli. Lietetila on osoittautunut kriittisemmäksi tekijäksi kuin altaan viipymä. Tarvittavana lietekapasiteettina mm.  $133 \text{ ha:n}$  aluetta varten rakennetulle  $100 \text{ m:n}$  pituiselle altaalle on käytetty  $8 \text{ m}^2\text{:n}$  poikkipinta-alaa. Optimileveys on puhdistuskaluston vuoksi  $8 \text{ m}$ , mutta jopa  $12\text{--}18 \text{ m:n}$  levyisiä altaita on käytetty. Syvyys on yleensä lietetilan kanssa  $2\text{--}3 \text{ m}$ . Joissakin tapauksissa (Migniot ym. 1969) allas on rakennettu  $1 \text{ m}$  läheistä joen uomaa syvemmäksi. Muodoiltaan altaat ovat selvästi pitempiä ( $100\text{--}180 \text{ m}$ ) kuin Suomessa yleensä käytetyt, pituus-leveys -suhteen ollessa jopa  $25:1$ . Pinta-alaa kohti käytetty mitoitusarvo on  $6\text{--}11 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  ja Suomessa vastaava arvo on  $10 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . Altaan virtauksen minimisyvyys ennen puhdistusta on Hannonin ja Coffeyn (1984) mukaan  $0,3 \text{ m}$ .

Hannon ja Coffey (1984) ovat tulleet siihen tulokseen, että jos altaita suunnitellaan sekä normaali- että huippuvirtaaman ajalle, kannattaa ottaa huomioon vain n.  $500 \text{ ha:n}$  aluetta pienemmät kokonaisuudet. Jos altaat suunnitellaan normaali-virtaamalle, on valuma-alueen oltava pienempi kuin  $765 \text{ ha}$ . Virtausnopeuden tasaamiseksi altaiden poikki laitetaan puomit ja altaan lähtöpäähän rakennetaan tarvittaessa läppäventtiilillä varustettu pengerrys, jolla estetään lietteen liikkeellelähtö veden pinnan kohotessa tulva-aikana.



Irlantilaiset rakentavat laskeutusaltaat siten, että vesi voidaan tarvittaessa johtaa kokonaan altaiden ohi. Putkituksen käyttö virtauksen rajoittajana altaan tulokanavassa on osoittautunut käytännössä hankalaksi tukkeutumisherkkyyden vuoksi. Joissakin tapauksissa, ellei riittävän pitkiä altaita voida rakentaa, tekevät irlantilaiset useampia rinnakkain tai peräkkäin olevia allassysteemejä (kuva 3). Altaiden vähän veden aikana tapahtuva puhdistaminen on Irlannissa toistaiseksi tehty pääasiassa kaivinkoneiden avulla, mutta myös pumppaussysteemejä on kehitteillä ja tutkittavana. Irlannissa laskeutusaltaat kaivetaan yleensä paksuun turvekerrokseen. Ilmasto-oloista johtuen altaat eivät joudu alltiiksi talven ja lumensulamisen aikaiselle rasitukselle.



Kuva 3. Laskeutusaltaat sarjassa ja vierekkäin (Hannon ja Coffey 1984).

Byrnen ja Coffeyn (1980) sekä Hannonin ja Coffeyn (1984) mukaan laskeutusallas ( $A = 1336 \text{ m}^2$ ,  $F = 120 \text{ ha}$ ) pystyi poistamaan keskimäärin 91 % altaaseen tulleesta kiintoaineesta. Näytteenotokertojen väliset erot olivat suuret, keskimääräinen kertanäytteistä analysoitu tuloveden kiintoainepitoisuus oli  $773 \text{ mg l}^{-1}$  (vaihteluväli  $2\text{--}4626 \text{ mg l}^{-1}$ ) ja altaasta lähtevässä vedessä  $68 \text{ mg l}^{-1}$  (vaihteluväli  $1\text{--}667 \text{ mg l}^{-1}$ ). Tuloveden kiintoainepitoisuuden kasvaessa altaan reduktio kasvoi, mutta alhaisten kiintoainepitoisuuksien aikana varsinkin maatumella turvekentällä lähtöveden kiintoainekonsentraatio saattoi olla korkeampi kuin tulevassa vedessä. Äkillisten sadekuurojen ja virtausnopeuden lisäksi myös turpeennoston työvaiheella oli vaikutusta tuloveden kiintoainepitoisuuteen. Muiden veden laatu-tekijöiden osalta laskeutusaltaissa ei irlantilaisen tutkimusten mukaan ole tapahtunut olennaista veden laadun muutosta.

Taulukko 2. Koealtaiden vaikutus turvetuotantoalueen valumavesien laatuun (Hannon ja Coffey 1984). Vuotuinen sadanta on 870 mm.

Muuttuja	Tuleva vesi	Lähtevä vesi	Reduktio %
pH	6,5	6,6	
sähkönjohtavuus $\mu\text{S cm}^{-1}$	190	190	
väri Hazan yks.	276	279	
kiintoaine $\text{mg l}^{-1}$	773	68	91

Migniot ym. (1969) on tutkinut laboratoriokokeiden avulla turvetuotantoalueilta tulevan veden sisältämän kiintoaineen laskeutumisominaisuuksia, hiukkaskokoja-kaumaa ja sedimentin ominaisuuksia. Laskeutusaltaaseen kertynyttä lietettä analysoitaessa sen hiukkaskokojakaumasta oli 72 % hiukkasia, jotka olivat pienempiä kuin  $50 \mu\text{m}$  ( $0,05 \text{ mm}$ ) ja hiukkaskooltaan pienempiä kuin  $1 \mu\text{m}$  oli noin 2 %. Alhaisen virtaaman aikana kiintoainepitoisuus laskeutusaltaan alapuolella saattoi olla korkeampi kuin yläpuolella. Laskeutusaltaat toimivat Migniotin mukaan hyvin silloin, kun tulovedessä on paljon suurikokoisia hiukkasia, joiden laskeutusnopeus on enemmän kuin  $1 \text{ mm s}^{-1}$  (eli  $3,6 \text{ m h}^{-1}$ ). Kun kiintoainekonsentraatio altaaseen tulevassa vedessä kasvaa, partikkelit alkavat muodostaa flokkia, jolla on suurempi laskeutusnopeus kuin erillisillä hiukkasilla.

### 3.53 Neuvostoliitto

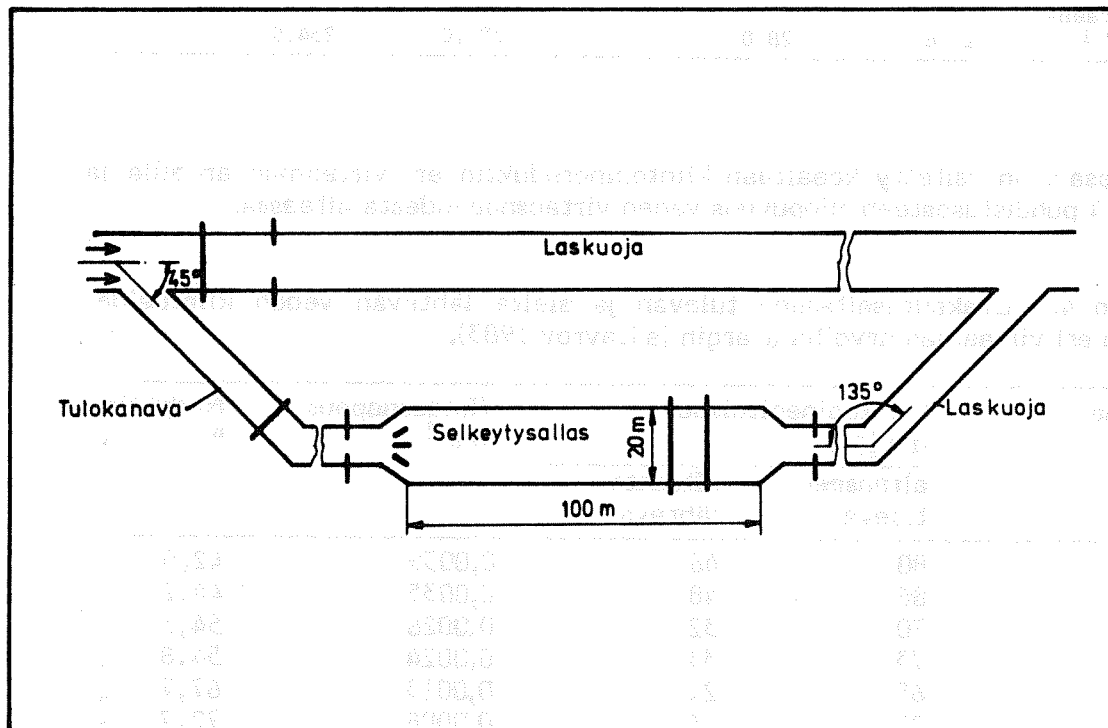
Neuvostoliitto on maapallon suurin turvetuottaja. Myös siellä on viime aikoina kiinnitetty huomiota turvetuotantoalueilta tulevien valumavesien laatuun. Kalininin Polyteknillinen Instituutti on muutamien viime vuosien aikana tutkinut turvetuotantoalueiden valumavesiä Kalininin ja Leningradin alueella. Tutkimuksissa on selvitetty kemiallisen ja sähköisen koaguloinnin, biokemiallisen käsittelyn, otsonoinnin, adsorptiomenetelmän, saostuksen ja suodatuksen vaikutusta valumavesien laatuun (Largin 1983, Ogurtsov ja Nenastjeva 1983, Yanushevskiy 1983). Useimmat näistä menetelmistä todettiin käytännön olosuhteissa turvetuotantoalueille soveltumattomiksi, koska ne vaativat erillisiä laitteistoja, jatkuvaa valvontaa ja aiheuttavat huomattavia reagenssi- ja materiaalikustannuksia.

Turvetuotantoalueilta tulevia vesiä on koeoloissa suodatettu mm. hiekkapatjojen, turvekoksien ja aktiivihiekin läpi. Tällöin todettiin veden väriarvon, orgaanisten aineiden pitoisuuden ja pH-luvun alentumista. Nämä puhdistusmenetelmät eivät Larginin (1983) mukaan sovellu käytännön oloihin suodatinmateriaalien hinnan ja käyttökustannusten vuoksi. Lisättäessä suodatinmateriaaliin mm. turvetuhkaa todettiin mekaanisen suodatusprosessin lisäksi myös kemiallista koagulaatiota mm. tuhkan sisältämän kalsium-, magnesium-, alumiinisulfaattien ja karbonaattien vuoksi. Altaissa tapahtuvalla selkeytyksellä ei saada aivan yhtä hyviä reduktioita kuin monimutkaisemmilla käsittelytasoilla, mutta menetelmä on yksinkertainen, halpa ja riittävän tehokas (Largin ja Lavrov 1983).

Kiintoaineen talteenottamiseksi on Kalininin alueelle rakennettu koelaskeutusaltaita turvetuotantoalueen laskuojan yhteyteen (kuva 4). Veden kulku voidaan erillisjärjestelyillä ohjata joko altaan kautta tai altaan ohitse suoraan laskuojaan. Kokeiden perusteella veden laatu altaiden läpi kulkiessa on parantunut kaikissa tapauksissa. Larginin tutkimusten mukaan parhaaksi vaihtoehdoksi on osoittautunut allas, jonka optimiviihymä on kolme tuntia pitkäaikaisen keskiylivirtaaman mukaan laskettuna ja virtausnopeus n.  $0,01 \text{ m s}^{-1}$ . Tällöin altaassa tapahtuva

kiintoainereduktio voi olla jopa 80 % ja hapenkulutuksen alenema 20 %. Laskeutusajan pidentäminen ei neuvostoliittolaisten tutkimustulosten mukaan merkittävästi paranna reduktioita. Käytettyjen laskeutusaltaiden mitat ovat seuraavat:

pituus	vähintään 100 m
leveys	20-25 m
vesisyvyys	1-2 m
viipymä	3 h
virtausnopeus	0,01 m s <sup>-1</sup>



Kuva 4. Neuvostoliitossa käytetyn laskeutusaltaan rakenne (Largin ja Lavrov 1983).

Koska kyseiset altaat on rakennettu n. 400-500 ha:n tuotantoalueelle on käytetty mitoitussarvo 4-6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Altaiden mitoitusvaluma on n.100 l s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>. Ylivaluman on ajoittain todettu olevan 250-300 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> (Kalininin turveinstituutti, suullinen tieto). Altaan tulokanava levenee n. 6 m:n matkalla varsinaiseksi altaaksi, jonka poikkileikkaus on kolmiomainen puolisuunnikas ja pohja n. 2 m ojien pohjan tasoa alempana. Tulo- ja lähtökanavien poikkileikkaus on puolisuunnikas, jonka pohjan leveys on n. 2 m.

Sulkupadot (ks. kuva 4) tehdään hirsillä vahvistetuista maavalleista, joissa lisärakenteena on myös betoniputki. Padon avulla suljetaan kevättulvan ja altaiden puhdistuksen aikana altaaseen tuleva virtaus. Kaikki padot on varustettu metallisilla sulkusysteemeillä. Virtausohjaimet ovat pystysuoria seinämiä, jotka ulottuvat pinnasta pohjaan vedenkorkeuden vaihdellessa. Ennen sulkupatoa olevien välppärakennelmien avulla estetään isompien lohkareiden kulkeutuminen altaaseen. Ponttoonin tapaiset pintapuomit altaan poistopäässä estävät pinnalla kelluvan aineksen kulkeutumisen vesistöön. Ilmastamisen parantamiseksi altaasta lähtevä vesi lasketaan padon läpi mahdollisimman ohuena ja leveänä virtana (Largin ja Lavrov 1983, Largin 1983).

Taulukko 3. Laskeutusaltaan keskimääräiset poistumat (Largin &amp; Lavrov 1983).

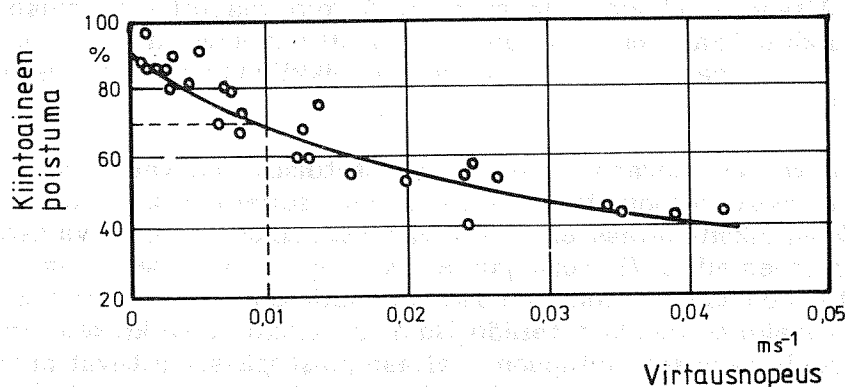
Veden laatu muuttuja	Rahkasuo			Sarasuo		
	Ennen selkey- tysallasta	Selkeytys- altaan jälkeen	Poistuma %	Ennen selkey- tysallasta	Selkeytys- altaan jälkeen	Poistuma %
kiintoaine $\text{mg l}^{-1}$	47,4	13,2	72	55,2	18,2	67
KHT $\text{mg O}_2 \text{l}^{-1}$	250	190	24	70	50	29
väri	580	440	24	120	100	17
pH	3,9	5,3	-	7,3	7,5	-
happi, $\text{mg l}^{-1}$	8,0	8,45	-	8,0	8,50	-
kok.mineraali- aines $\text{mg l}^{-1}$	21,6	28,0	-	220,0	234,0	-

Taulukossa 4 on esitetty koealtaan kiintoainereduktio eri virtaaman arvoilla ja kuvassa 4 puhdistusasteen riippuvuus veden virtausnopeudesta altaassa.

Taulukko 4. Laskeutusaltaseen tulevan ja sieltä lähtevän veden kiintoainereduktio eri virtaaman arvoilla (Largin ja Lavrov 1983).

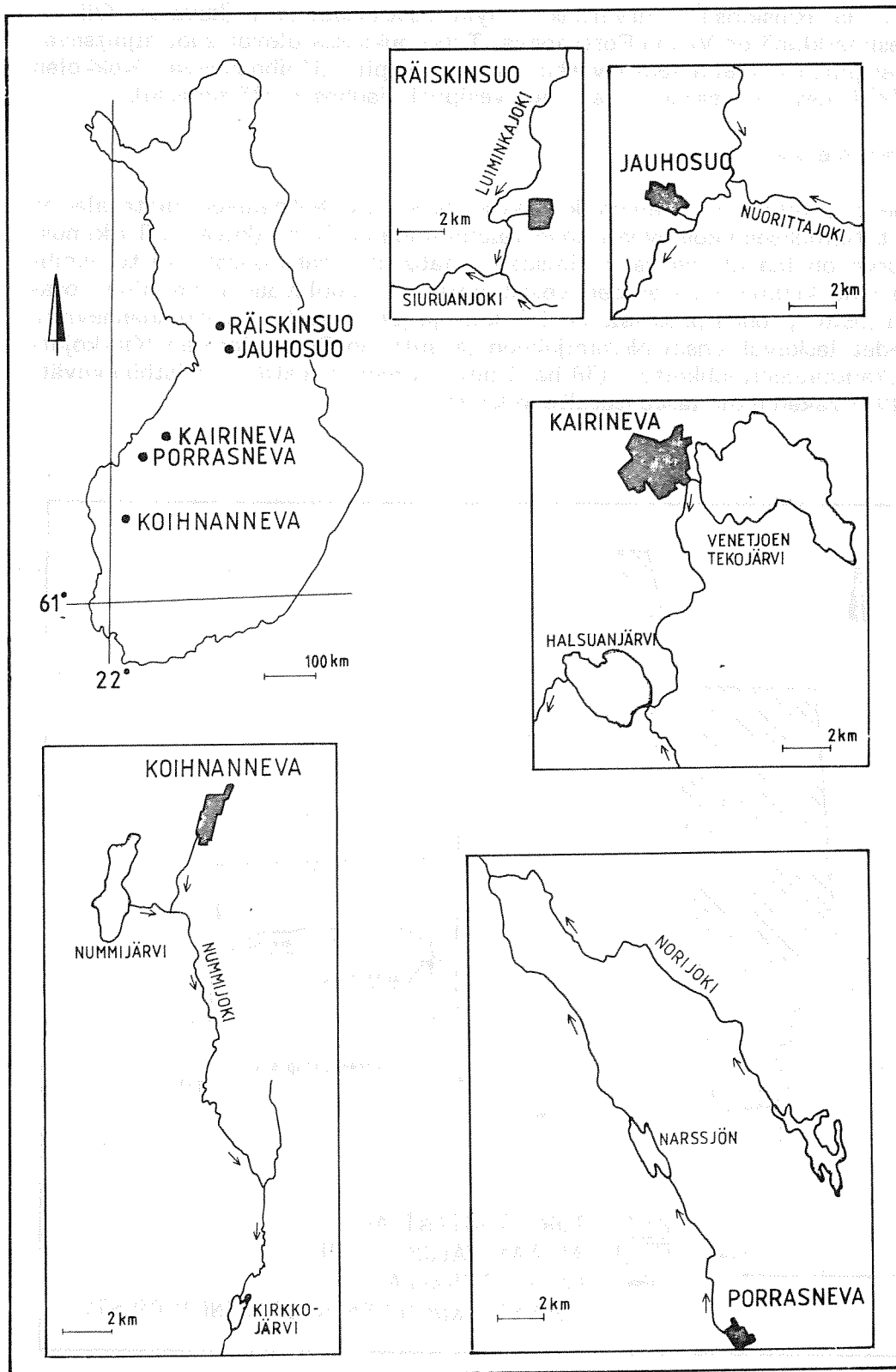
Virtaama $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	Kiintoainepitoisuus $\text{mg l}^{-1}$		Virtausnopeus $\text{m s}^{-1}$	Reduktio %
	altaaseen tuleva	altaasta lähtevä		
0,693	80	46	0,0039	42,5
0,609	86	48	0,0035	44,2
0,441	70	32	0,0026	54,3
0,396	73	33	0,0024	54,8
0,195	65	21	0,0013	67,7
0,123	22	6	0,0008	72,7
0,040	40	8	0,0003	80,0
0,013	8	1	0,0001	87,5

Largin ja Lavrov (1983) toteavat, että tulevan veden määrä sekä virtausnopeus vaikuttavat ratkaisevasti laskeutusaltaan toimivuuteen. Kuvassa 5 on esitetty Larginin ja Lavrovin (1983) aineistoon perustuva käyrä kiintoainereduktio ja virtausnopeuden riippuvuudesta. Allas olisi neuvostoliittolaisten tutkimusten mukaan mitoitettava siten, että virtausnopeus altaassa on enintään  $0,01 \text{ m s}^{-1}$ .



Kuva 5. Kiintoainereduktio veden virtausnopeuden vaihdellessa (Largin ja Lavrov 1983).

Laskeutusaltaiden puhdistus tehdään Neuvostoliitossa yleensä syksyisin tuotantokauden jälkeen. Selkeytysaltaina käytetään mm. entisiä työhautoja ja pienehköjä järviä. Pienillä turvetyömailla on laskeutusaltaiden asemasta riittäväksi toimenpiteeksi katsottu laskuojien laajentaminen ja syventäminen. Jos laskeutusaltaat rakennetaan, on ne syytä tehdä jo ojitusvaihetta varten.



Kuva 6. Tutkimusalueiden sijainti.

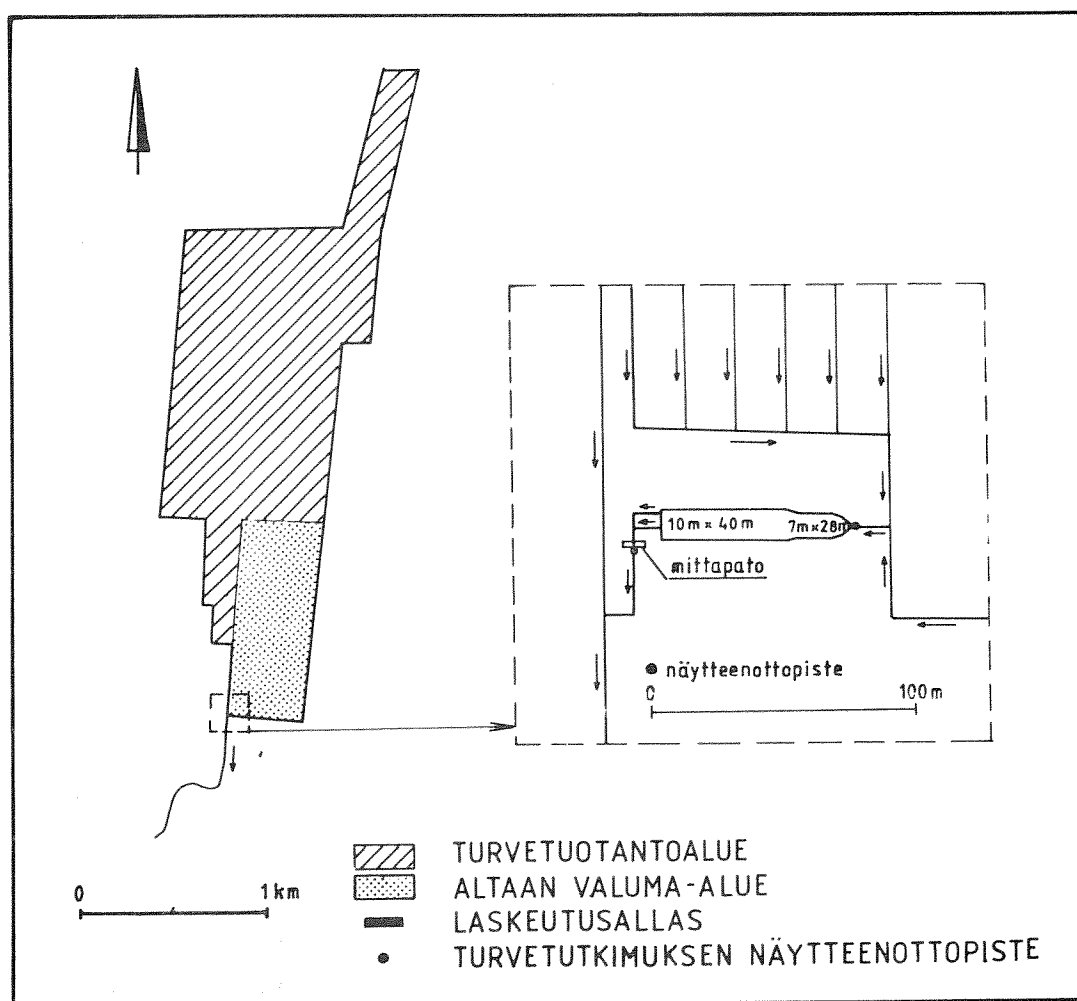
## 4 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 4.1 TUTKIMUSALUEIDEN YLEISKUVAUS

Tutkimuksessa oli mukana neljä tuotannossa olevaa aluetta ja yksi tuotantoa varten lähes kokonaan ojitettu suoalue. Koihnanneva, Kairineva ja Jauhoso ovat Vapo Oy:n ja Räiskinsuo Turveruukki Oy:n tuotantoalueita (kuva 6). Ojitus-alueista esimerkkinä on Vapon Porrasneva. Tutkimuksessa olevat suot sijaitsevat kolmen vesipiirin alueella seuraavasti: Vaasan vesipiiri (Koihnanneva), Kokkolan vesipiiri (Kairineva, Porrasneva) ja Oulun vesipiiri (Jauhoso, Räiskinsuo).

#### Koihnanneva

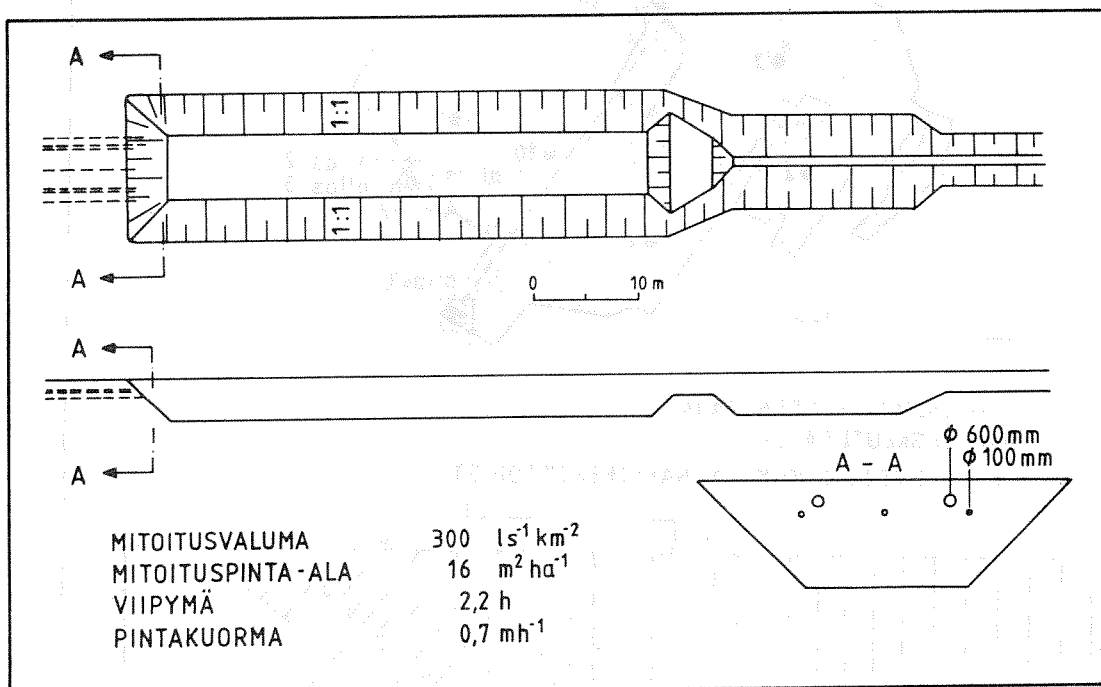
Koihnanneva sijaitsee Kauhajoen kunnassa. Koko tuotantoalueen pinta-ala on 182 ha ja tutkimukseen kuuluvan altaan valuma-alue on 38 ha (kuva 7). Tutkimusalueen turve on laadultaan vahvanlaisesti maatonutta rahkasaraturvetta. Koihnannevan alue kuuluu Karvianjoen vesistöalueeseen kuuluvaan Nummijoen osaluueeseen (36.07), jonka pinta-ala on 154 km<sup>2</sup> ja järvisyys 4,7 %. Koihnannevalta valumavedet laskevat ensin Nummijokeen ja siitä edelleen Karvian Kirkkojärveen. Tuotantoalueen lohkolta 1 (38 ha) tulevat vedet johdetaan vesistöön kevä-  
talvella 1982 rakennetun laskeutusaltaan kautta.



Kuva 7. Koihnannevan tutkimusalue sekä turvetutkimuspisteiden ja laskeutusaltaan sijainti.

Laskeutusaltaan mitoitusarvot, rakenne ja mitat ilmenevät kuvasta 8. Pohjapato jakaa altaan kahteen osaan ja muoto on virtaussuunnassa levenevä. Vesi poistuu altaasta veden korkeutta säännöstelevän putkipadon (vrt. kuva 8) ja mittapadon kautta. Mittapadon yhteydessä on piirturilla varustettu pinnankorkeusmittari.

Koihnannevan alue on ojitettu turvetuotantoa varten vuonna 1974. Aikaisemmin alue oli metsäojitettu. Sarkaojia tuotantoalueelle on kaivettu n.  $500 \text{ m ha}^{-1}$  ja ojien kaltevuus koealueella on keskimäärin 1,8 - 2,0 o/oo. Sarkaojissa on päisteputken auki pitämiseksi käytetty katkaistuja, pystysuorilla raoilla rei'itettyjä tynnyreitä. Turvetuotantoon alue on otettu vuonna 1977 ja jyrshinturvetta on nostettu hakumenetelmällä. Tutkimusaikana Koihnannevan koealueella tuotettiin turvetta  $31790 \text{ m}^3$ , josta  $17000 \text{ m}^3$  kesällä 1982 ja  $14790 \text{ m}^3$  kesällä 1983. Kesällä 1982 tuotantokausi alkoi 1.6.1982 ja päättyi 4.8.1982. Vastaavasti kesällä 1983 turpeenosto aloitettiin 9.5.1983 ja lopetettiin 12.8.1983.



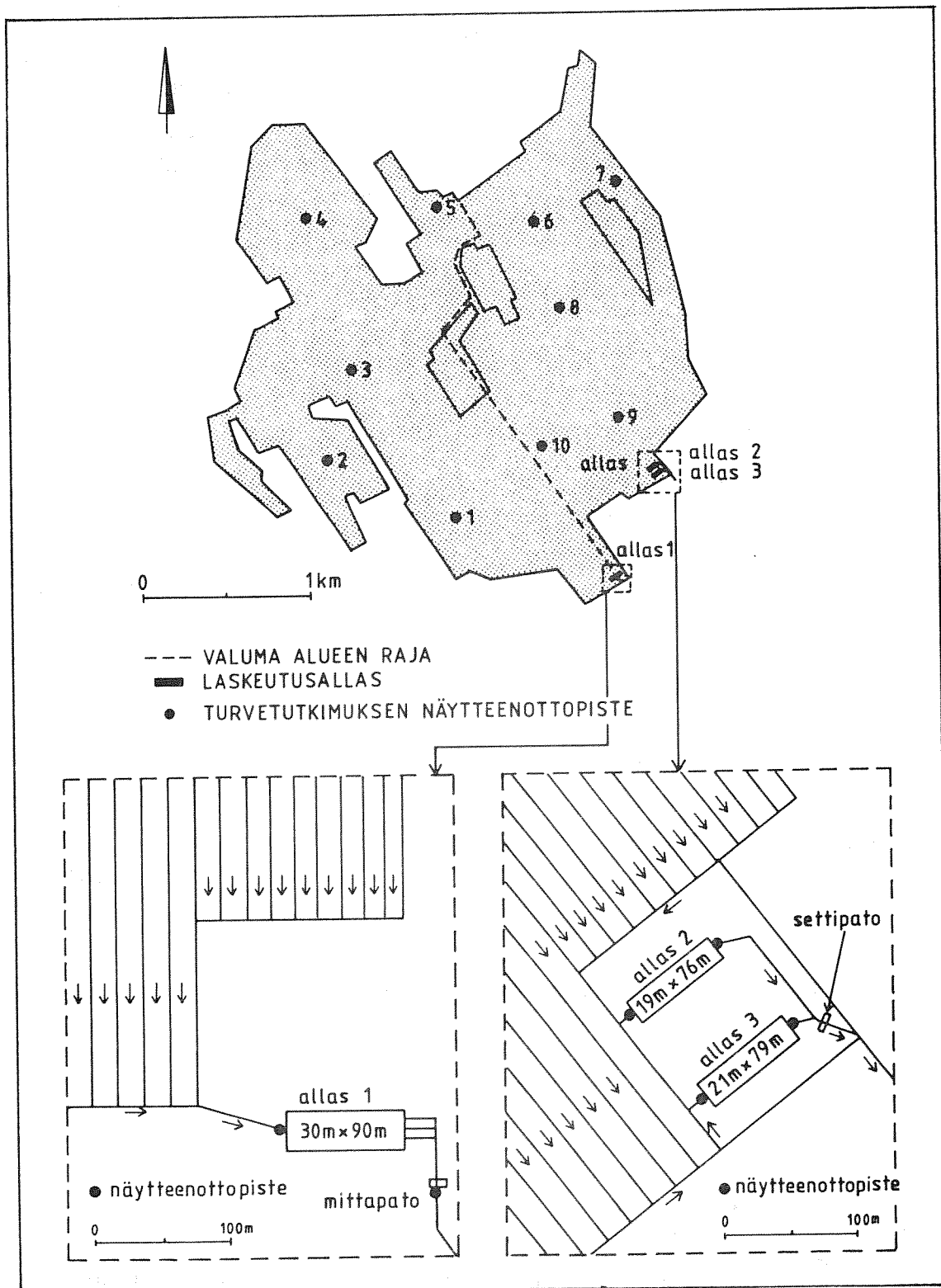
Kuva 8. Koihnannevan laskeutusaltaan suunnitelmapiirros ja laskennalliset mitoitusarvot.

### Kairineva

Kairineva sijaitsee Halsuan kunnassa. Koko tuotantoalueen pinta-ala on 520 ha. Turpeen laatu on jonkin verran maatumutta tupasvillarahka- ja rahkasaraturvetta. Kairinevan alue on ojitettu turvetuotantoa varten vuosina 1977-1979 eikä alueella ole aikaisemmin tehty metsäojituksia. Turvetuotanto Kairinevalla on aloitettu

v. 1980 ja siellä tuotetaan sekä jyrshinturvetta (hakumenetelmä) että palaturvetta. Sarkaojia Kairinevalle on kaivettu n. 500 m ha<sup>-1</sup> ja ojissa ei ole käytetty päisteputkeen liitettyjä erillISRakenteita. Keskimääräinen ojakaltevuus alueella on seuraava:

laskeutusallas 1 1,7 o/oo  
laskeutusallas 2 2,0-2,1 o/oo

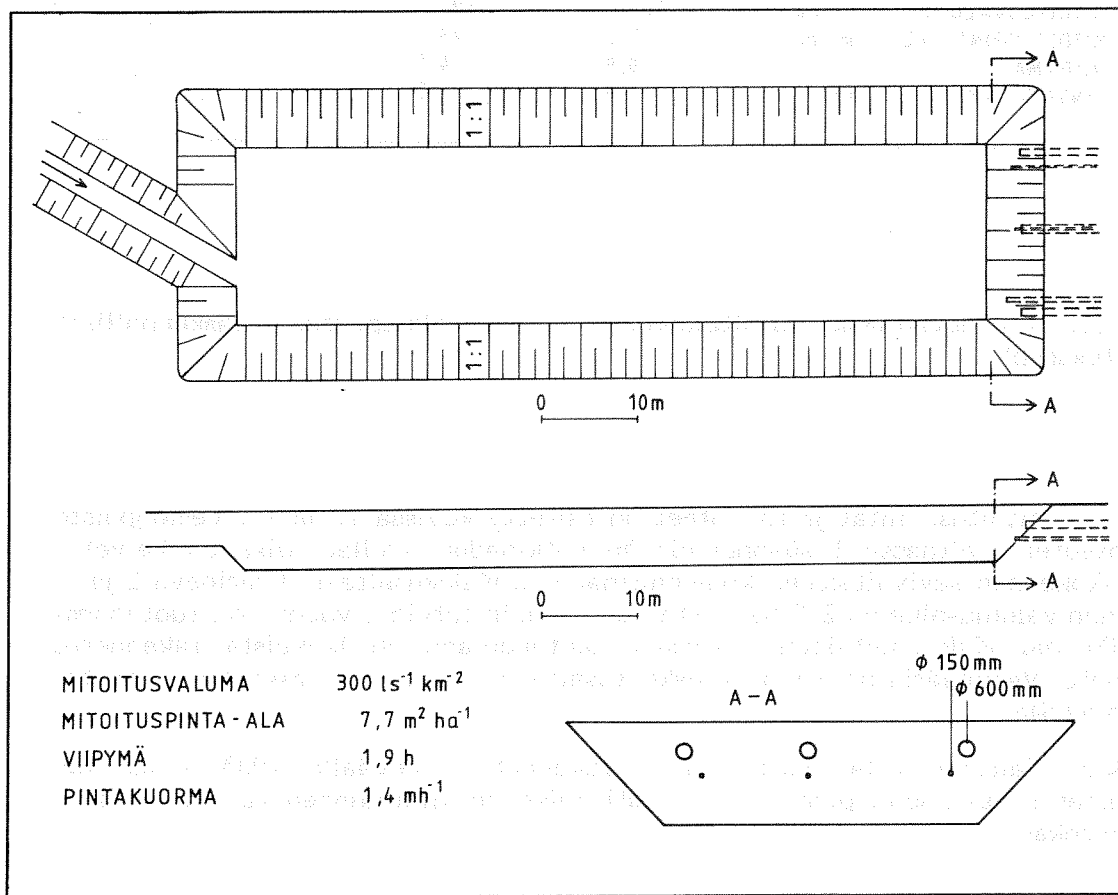


Kuva 9. Kairinevan tutkimusalue ja turvetutkimuspisteiden sekä laskeutusaltaiden sijainti.

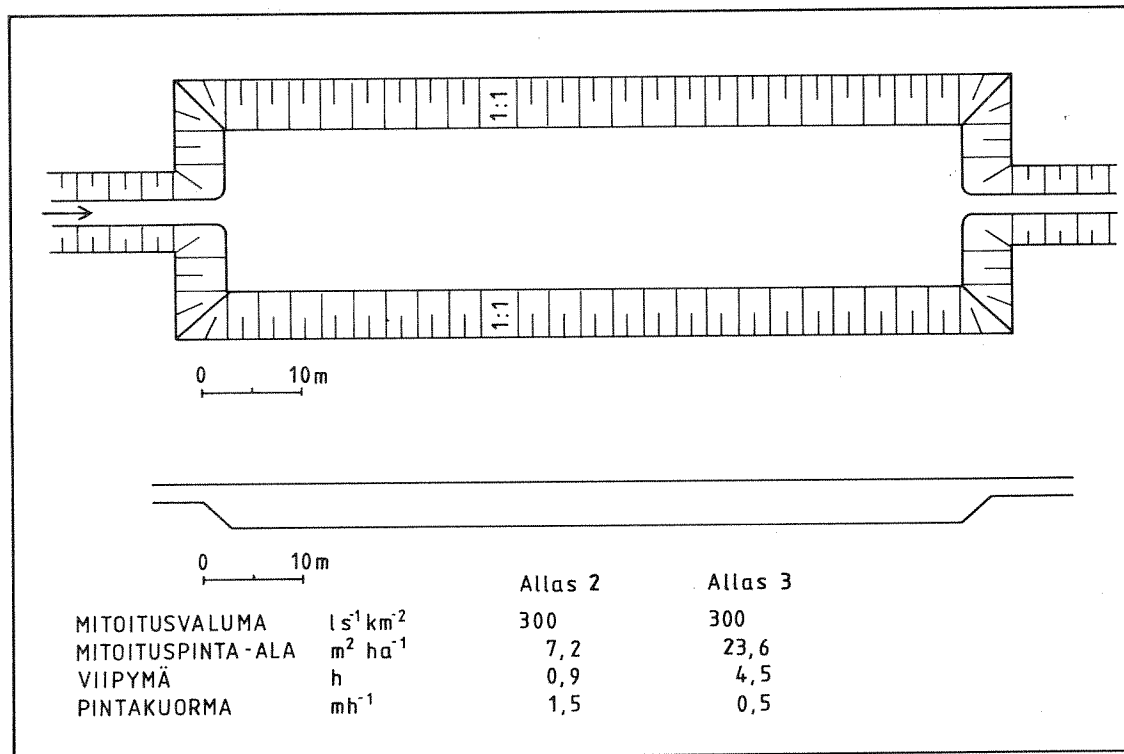


Kairineva kuuluu Perhojen vesistöalueeseen ja siinä Venetjoen osa-alueeseen (49.07), jonka pinta-ala on 339 km<sup>2</sup> ja järvisyys 5,5 %. Kairinevan tuotanto-alueelta valumavedet jakaantuvat kahteen osaan siten, että lohkoista 1-3 muodostuvan alueen vedet virtaavat laskeutusaltaan (Kairineva 1) kautta ja lohkojen 4-6 valumavedet kaksoisaltaiden (Kairineva 2 ja 3) kautta Venetjokeen (kuvat 9-11). Laskeutusaltaan Kairineva 1 valuma-alue on 350 ha ja siitä turvetuotanto- aluetta on 270 ha. Nostetun turpeen määrä tutkimusjakson aikana oli seuraava:

	Kairineva 1		Kairineva 2 ja 3	
	1982	1983	1982	1983
jyrsinturve m <sup>3</sup>	65 000	39 000	38 000	34 000
palaturve m <sup>3</sup>	15 000		17 000	
tuotantoaika	21.5.-13.8.	26.5.-14.8.	21.5.-13.8.	26.5.-14.8.



Kuva 10. Kairinevan laskeutusallas 1:n suunnitelmapiirros ja laskennalliset mitoitusarvot.



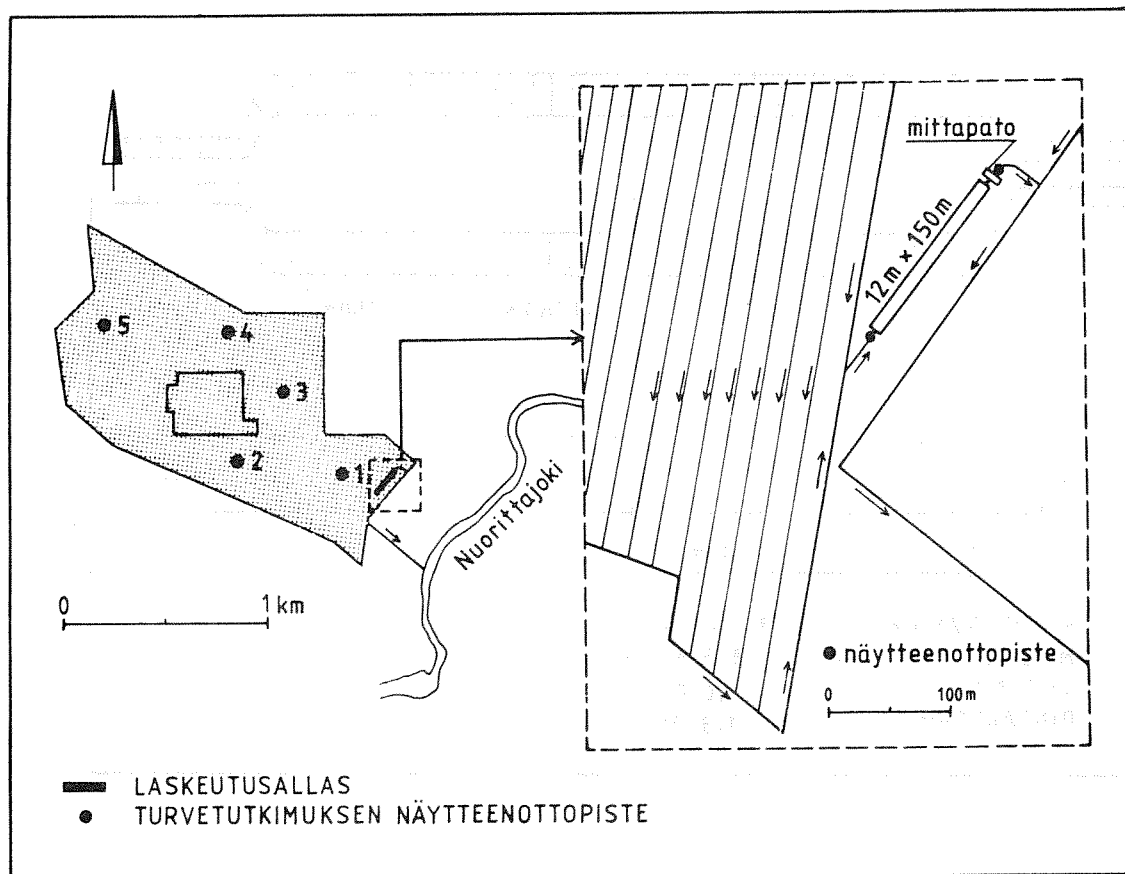
Kuva 11. Kairinevan laskeutusaltaiden 2 ja 3 suunnitelmapiirros ja laskennalliset mitoitusarvot.

Altaiden mitoitus, mitat ja rakenteet on esitetty kuvissa 10 ja 11. Vesienpoisto on toteutettu altaassa 1 säännöstelevän putkipadon avulla. Allas on kaivettu lähes kokonaan savivaltaiseen kivennäismaahan. Kaksoisaltaan (Kairineva 2 ja 3) yhteinen valuma-alue on 270 ha, josta kumpanakin tutkimusvuonna oli tuotannossa 200 ha. Kaksoisaltaiden yhteiseen lähtöuomaan on lankuista rakennettu settipato. Vesimääriä on arvioitu laskeutusaltaan 1 yhteyteen rakennetun mittapadon avulla.

Kaikkiin Kairinevan laskeutusaltaisiin rakennettiin keväällä 1983 n. 0,5 m:n korkuinen pressupuomi pinnanmyötäisesti kulkevan kiintoaineen vesistöön pääsyn estämiseksi.

## Jauhosuo

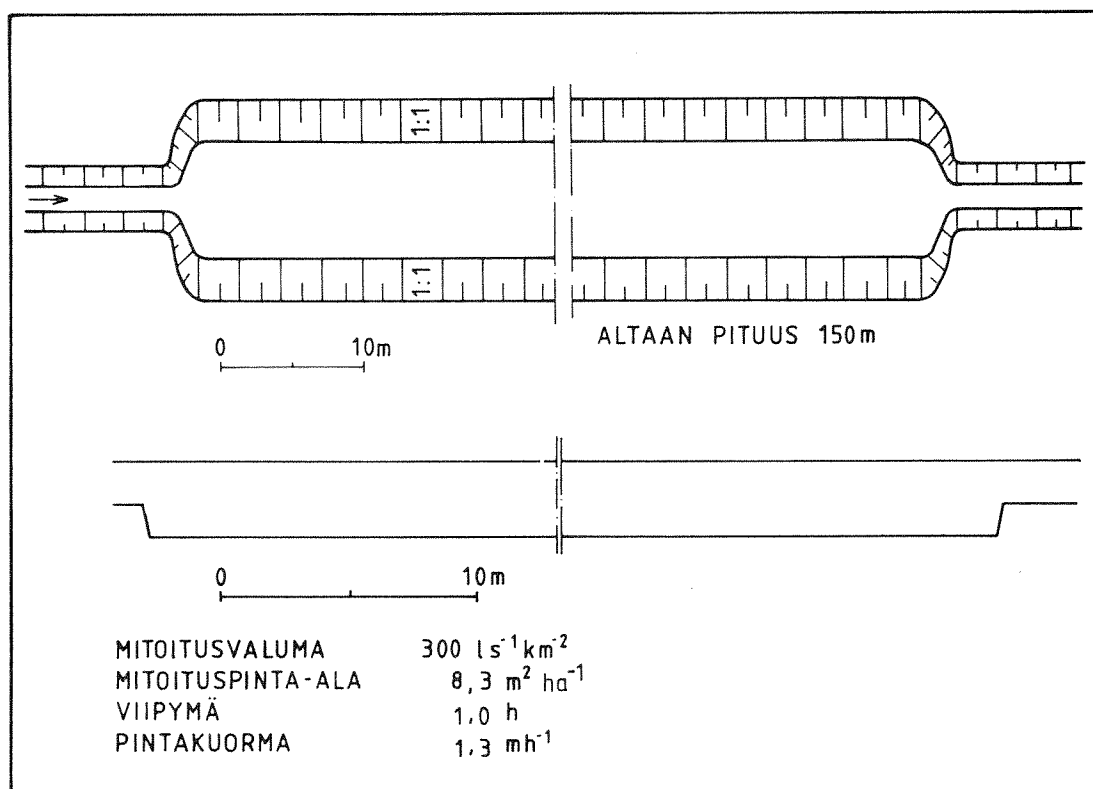
Jauhosuo sijaitsee Pudasjärven kunnassa. Tuotantoalueen kokonaispinta-ala on 112 ha ja tutkimuksessa olevan altaan valuma-alue yhteensä 217 ha. Valuma-alueen pinta-ala todennäköisesti vaihtelee hieman eri vuodenaikoina. Turve on laadultaan vahvasti maatunutta rahkasaraturvetta. Kentän ojakaltevuus on 0,5 o/oo. Tuotannossa tutkimusvuosina on ollut vain osa alueesta.



Kuva 12. Jauhосуon tutkimusalue sekä turvetutkimuspisteiden ja laskeutusaltan sijainti.

Ojitukset turvetuotantoa varten on alueella tehty talvella 1975-1976. Aikaisemmin alueesta n. 20 ha on ollut peltomaana ja muu osa on ollut luonnontilaista suota. Ojastossa ei ole käytetty mitään kiintoaineen kulkeutumista ehkäiseviä erillirakenteita. Jyrsinturvetuotanto alueella on aloitettu vuonna 1978 hakumetelmällä ja palaturpeen nostoon siirryttiin keväällä 1981. Tutkimusjakson aikana Jauhосуolta on nostettu palaturvetta tuotantokauden 9.6. - 13.8.1982 aikana 12981 m<sup>3</sup> ja tuotantokauden 9.6. - 19.8.1983 aikana 15 901 m<sup>3</sup>.

Jauhосуo sijaitsee Nuorittajoen alaosan vesistöalueella (60.06) ja alue kuuluu Kiiminkijoen vesistöön. Tuotantoalueelta vedet kulkeutuvat suorakaiteen muotoisen talvella 1982 rakennetun laskeutusaltan kautta Nuorittajokeen.

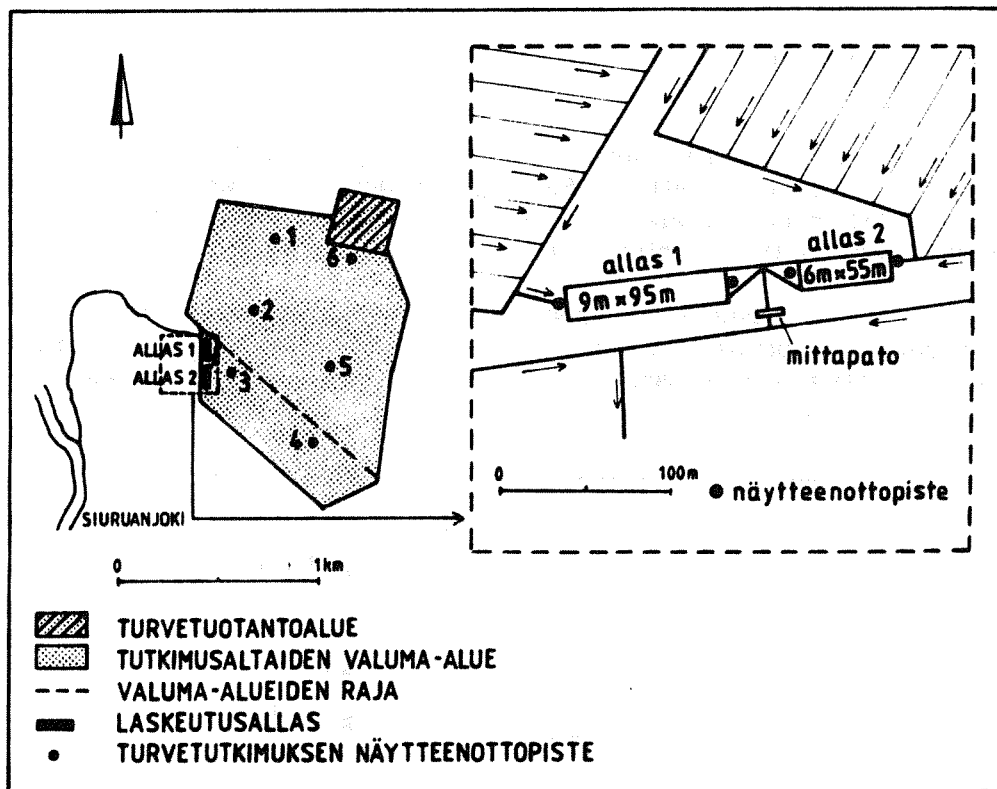


Kuva 13. Jauhosuon laskeutusaltaan suunnitelmapiirros ja laskennalliset mitoitussarvot.

## Räiskinsuo

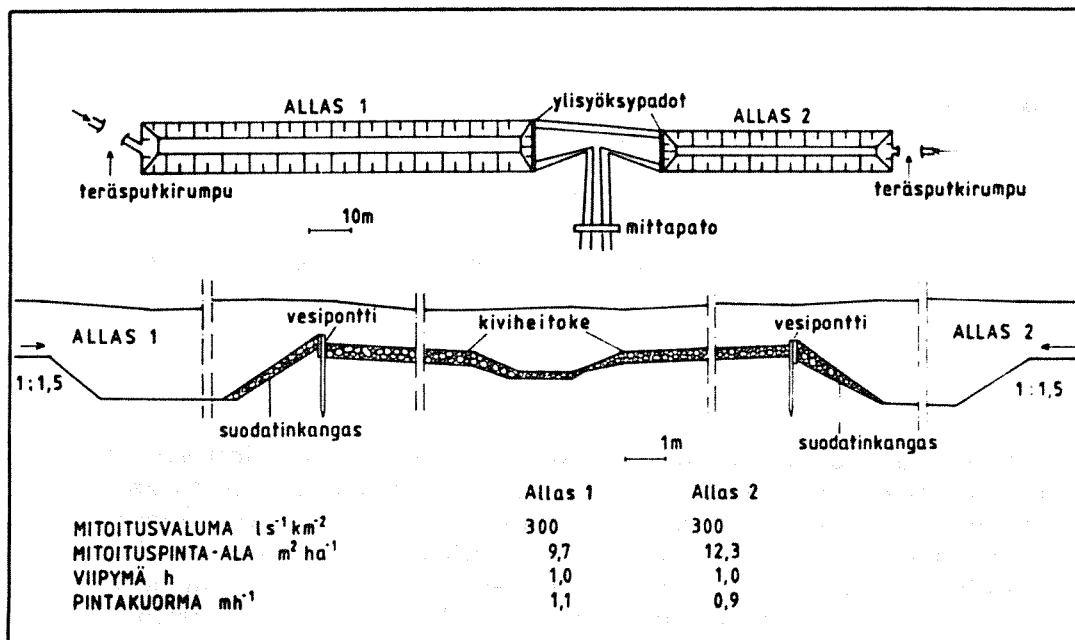
Turveruukki Oy:n Räiskinsuon turvetyömaa sijaitsee Pudasjärven kunnassa. Työmaan pinta-ala on 128 ha ja turvelaji on pääasiassa kohtalaisesti maatunutta sararahka- ja rahkasaraturvetta. Alue on ojitettu turvetuotantoa varten v. 1979 eikä alueella aikaisemmin ole tehty suo-ojituksia. Jyrsinturvetuotanto Räiskinsuolla on aloitettu v. 1980. Räiskinsuo otettiin tutkimukseen vasta keväällä 1983. Tuotantojakson 1.6.-15.8.1983 aikana alueelta nostettiin jyrsinturvetta  $40\,000 \text{ m}^3$ .

Räiskinsuo kuuluu Siuruanjoen vesistöalueeseen ja siinä Luiminkajoen osa-alueeseen (61.42), jonka pinta-ala on  $292 \text{ km}^2$  ja järvisyvyys 3,5 %. Suon valumavedet kulkeutuvat vesistöön kolmen laskeutusaltaan kautta. Näistä tutkimuksessa on mukana kaksi laskeutusallasta, joiden yhteinen valuma-alue on 114 ha. Räiskinsuon allas 1:een johdetaan vedet lohkoilta 1 ja 3 sekä lohkon 2 alaosalta (yht. 86 ha). Laskeutusaltaan Räiskinsuo 2 valuma-alueen muodostaa lohko 4 (28 ha). Ojastoissa ei ole käytetty päisteputkeen liitettäviä erillisiä lisärakenteita ja sarkaojien kaltevuus on keskimäärin 2 o/oo.



Kuva 14. Räiskinsuon tutkimusalue sekä turvetutkimuspisteiden ja laskeutusaltaiden sijainti.

Molemmissa Räiskinsuon altaissa on kivillä pengerretty ylisyyksypato ja piir-tävällä pinnankorkeusmittarilla varustettu mittapato on sijoitettu altaiden yhtei-seen lähtöuomaan (ks. kuva 15). Altaissa 1 on ollut suodatinkankainen puomi pinnassa kulkeutuvan kiintoaineen pidättämiseksi.

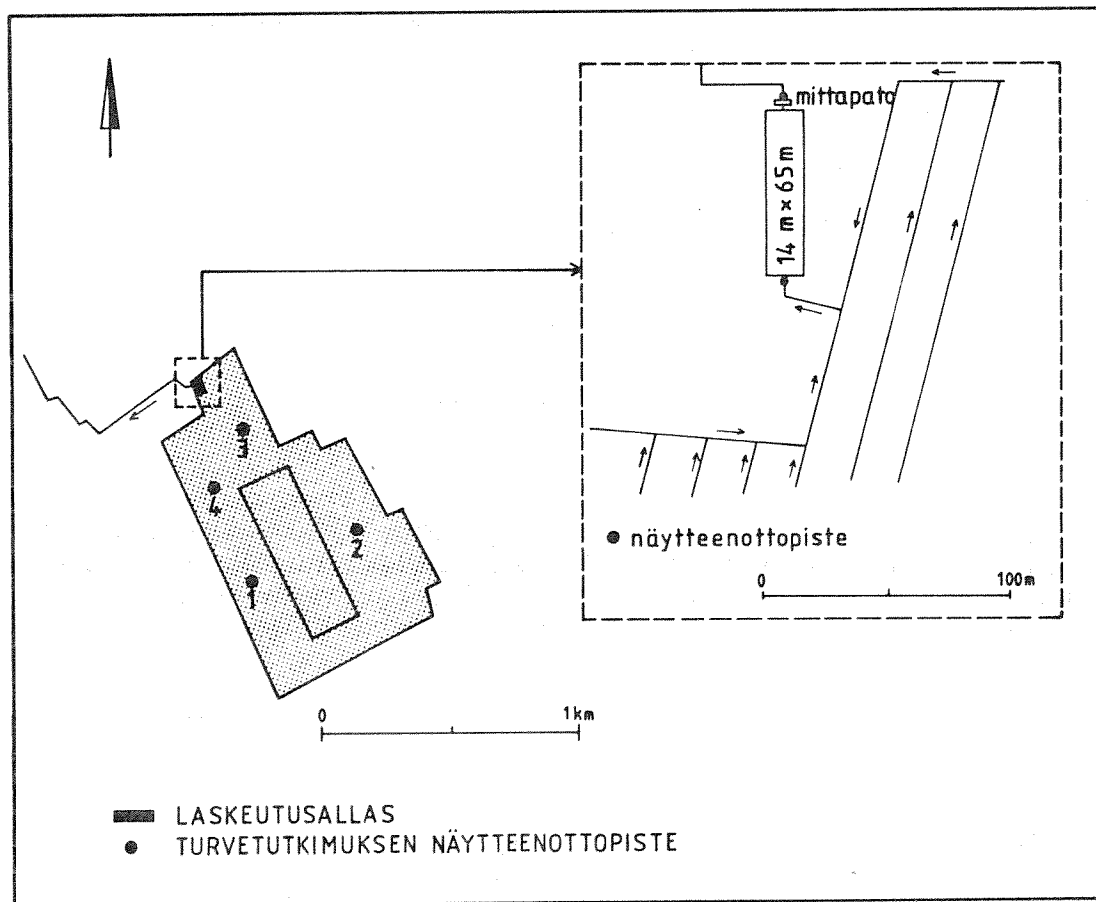


Kuva 15. Räiskinsuon laskeutusaltaiden suunnitelmapiirros ja laskennalliset mii-toitusarvot.

## Porrasneva, ojitusalue

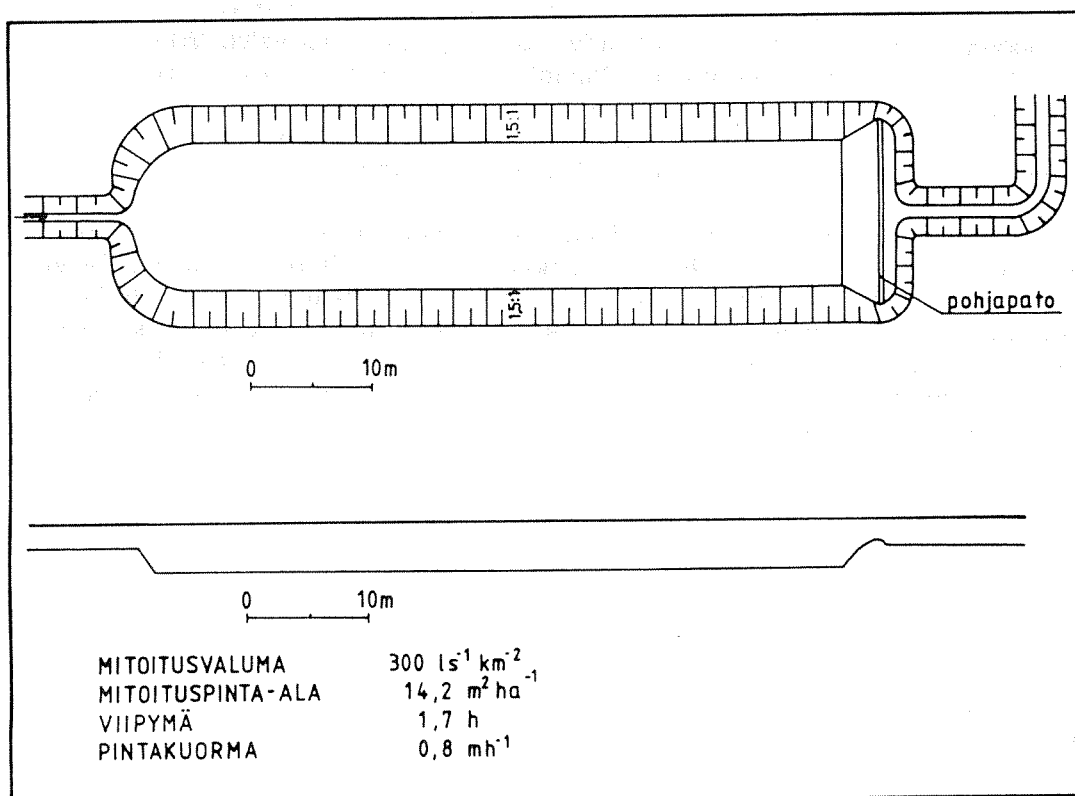
Evijärvellä sijaitsee 103 ha:n suuruinen Porrasnevan ojituskoalue, josta tutkimusjakson aikana on ollut ojitettuna 60 ha turvetuotantoa varten. Alue on ojitettu talvella 1981 ja 1982 ja aikaisemmin alue on metsäojitettu. Porrasnevan turve on heikosti maatonutta rahkaturvetta.

Porrasnevan alue kuuluu Purmonjoen vesistöön ja siinä valuma-alueeltaan 27 km<sup>2</sup> (L= 4,6 %) suuruiseen Norijoen alaosan osavaluma-alueeseen (46.05). Ojitusalueelta vedet virtaavat laskeutusaltaan kautta Narssjön-järveen laskevaan puuroon ja siitä edelleen Norijokeen.



Kuva 16. Porrasnevan tutkimusalue sekä turvetutkimuspisteiden ja laskeutusaltaan sijainti.

Sarkaojien kaltevuus Porrasnevalla on keskimäärin 2 o/oo ja ojastossa ei ole käytetty päisteputkeen liitettäviä erillISRakenteita. Laskeutusallas on kaivettu ennen sarkaojitusta ja allas on lähes kokonaan kivennäismaassa (hiesusavi). Altaan valuma-alue on 70 ha (kuva 16 ja 17). Lähtöuoman puoleisessa päässä on n. 0,5 m:n korkuinen metallinen pohjapato ja sen alapuolella laskuojassa mittapato. Kesällä 1982 altaassa oli pintapuomina kelluva lauta ja kesällä 1983 pressupuomi.



Kuva 17. Porrasnevan laskeutusaltaan suunnitelmapiirros ja laskennalliset mitoitusarvot.

#### 4.2 SÄÄ- JA VIRTAAMAMITTAUKSET

Tutkimusalueilla sadantaa on mitattu altainen välittömään läheisyyteen sijoitetuilla jatkuvatoimisilla piirtävillä sademittareilla, tyyppi L.E. Ahti. Vesipiirit hankkivat sademittarit ja rungot teetettiin Vapon konekorjaamolla. Turvetöymäiden henkilökunta hoiti viikoittain piirturipaperien vaihtamisen. Lisäksi työmaille mitattiin tuotantoaikainen vuorokausisadanta muovisilla suppilokeräajillä. Tuotantojakson ajalta on lisäksi päivittäiset säähavainnot työmailta sekä kutakin tutkimusaluetta lähinnä olevalta ilmatieteen laitoksen mittausasemalta.

Virtaamamittaukset on tehty piirtävällä A.OTT R16-tyyppisellä pinnankorkeusmittarilla. Työmaan henkilökunta on hoitanut piirturipaperien vaihton viikoittain. Talven yli toimintakuntoisena oli vain Koihannevan virtaamamittari.

#### 4.3 VESIANALYYSIT

Tutkimusjakso alkoi vuoden 1982 alkupuoliskolla ja päättyi syksyllä 1983. Varsinaisen näytteenottoaika ajottui kumpanakin vuonna kevättulvan ja roudattoman kauden ajalle.

Koihannevenalla, Kairinevenalla ja Porrasnevenalla tulosten käsittelyssä käytetty roudaton kausi oli 1.5. - 31.10 välinen aika ja Räiskinsuolla sekä Jauhosuolla 1.6. - 31.10 välinen aika. Jaottelu on tehty valumahavainnoinnin ja tuotannon aloittamisajankohdan mukaan, vaikka turvetuotantoalueelta routa saattaa sulaa kokonaan vasta touko-kesäkuun vaihteessa.

Vesinäytteet otettiin vesipiirien ohjeiden mukaisesti. Kokoomanäytteitä varten otettiin tunnin välein osanäytteet altaiden tulo- ja lähtöuomista. Vuonna 1982 näytteet otettiin hieman vedenpinnan alapuolelta varrellisella, katkaistulla muovipullolla. Koihnannevilla, Kairinevan altaasta 1, Jauhосуolla ja Porrasnevilla lähtevän veden näytteet otettiin mittapadon ylisysystä, Räiskinsuolla altaiden kivipatojen ylisysystä ja Kairinevalla altaiden 2 ja 3 lähtöuomista.

Vuonna 1983 varsinaisia vesinäytteitä otettiin säännöllisesti kerran kuussa. Lisäksi ylimääräisiä näytteitä otettiin sadekausien ja kevättulvan aikana. Näytteet otettiin tulouomasta koko uoman syvyydeltä katkaistulla muovipullolla tai tätä tutkimusta varten rakennetulla muovisella, alapäästä kumitulpalla suljetavalla ( $\varnothing$  75 mm) näytteenottoputkella. Lähtevän veden näytteet otettiin edellisvuoden tavoin. Näytteenoton hoiti tuotantoalueiden henkilökunta ja kokonaisnäyttemäärä oli seuraava:

	Näytteenottokerrat	
	1982	1983
Koihnanneva	3	28
Kairineva 1	2	15(16*)
Kairineva 2	2	14
Kairineva 3	2	19
Jauhосуo	9 (48*)	23(32*)
Räiskinsuo 1		13(24*)
Räiskinsuo 2		13(24*)
Porrasneva	15	25
Yhteensä	33 (48*)	150 (96*)

\*) erillisten kiintoainenäytteiden lukumäärä

Koihnannevan näytteet analysoitiin Vaasan vesipiirin laboratoriossa, Kairinevan ja Porrasnevan näytteet Kokkolan vesipiirin laboratoriossa ja Jauhосуon sekä Räiskinsuon näytteet Oulun vesipiirin laboratoriossa. Kesän 1983 aikana otettiin lisäksi joitakin ylimääräisiä kertonäytteitä, jotka analysoitiin Jyväskylän yliopiston ympäristötutkimuskeskuksessa.

Lähes kaikista vesinäytteistä määritettiin standardien mukaisesti pH, sähkönjohtavuus, väri, kemiallinen hapenkulutus ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ), kiintoainepitoisuus, kiintoaineen hehkutusjäännös, rauta (Fe), kokonaistyyppi ( $P_{\text{tot}}$ ), ammoniumtyyppi ( $\text{N}_{\text{NH}_4}$ ), nitraattityyppi ( $\text{N}_{\text{NO}_3}$ ), nitriittityyppi ( $\text{N}_{\text{NO}_2}$ ), kokonaisfosfori ( $P_{\text{tot}}$ ) ja fosfaattifosfori ( $P_{\text{PO}_4}$ ). Lisäksi analysoitiin erillisiä kiintoainenäytteitä.

#### 4.4 TURVETUTKIMUKSET

Koealueiden turpeen laatua selvitettiin kesällä 1983 otettujen turvenäytteiden perusteella. Näytteet otti ja analysoi Vapo Oy:n tutkimusosasto sekä kokonaistyyppien määritysten osalta Viljavuuspalvelu Oy. Kaikilta koealueilta analysoitiin yksi näyte koko turvekerrostuman paksuudelta ja sen lisäksi pinta-alan mukaan yksi 0,5 m:n turvenäyte vähintään joka 30 ha:a kohti.

	Näytepisteiden lukumäärä
Koihnanneva	2
Kairineva	10
Jauhосуo	5
Räiskinsuo	6
Porrasneva, ojitusalue	8



Kuivatiheysnäytteet (0,5 m:n turvepatsas) otettiin suon ylimmästä 0,5 m:n kerroksesta terässylinterillä ja koko turvekerrostumaa kuvaavat näytteet venäläistyyppisellä kannukairalla. Näytteet jaettiin 10 cm:n paksuisiksi vertikaalisiksi osanäytteiksi, joista määritettiin turvelaji, maatuneisuus, kosteus (asteikko 1-4) ja tupasvillakuitujen määrä (asteikko 1-4, vrt. liite 1). Laboratoriossa näytteet punnittiin ja sen jälkeen turpeet kuivatettiin lämpökaapissa 105 °C:een lämpötilassa 12 tuntia. Kuivatuksen jälkeen näytteet punnittiin ja laskettiin tilavuuspaino (kuiva-ainetta  $\text{kg m}^{-3}$ ). Lisäksi näytteistä määritettiin kokonaisrauta, kokonaisfosfori ja kokonaistyyppi 25 cm:n paksuisista osanäytteistä.

Kokonaisraudan määrittystä varten kuivatut ja jauhetut turvenäytteet hajotettiin teflonisissa pienoisautoklaaveissa happoseoksen  $\text{HNO}_3\text{-HF}$  (1:2) avulla kuumentuen 140°C:ssa 4 tuntia. Määritykset suoritettiin AA-spektrofotometrisesti (P-E 5000) ilma-asetyleeni liekillä. Kokonaisfosfori määritettiin tuhkituksen kautta spektrofotometrisesti (vrt. NRCC 1979) ja kokonaistyyppi määritettiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä.

#### 4.5 LIETETUTKIMUKSET

Talvella 1982-1983 tehtiin kaikista altaista poikittaislinjoittain lietekertymämittaukset tuntolaatalla varustetulla mittakepillä. Tämän lisäksi otettiin Kairinevalta, Jauhosuolta ja Porrasnevalta hiilihappojäädytetyt sedimenttinäytteet ("jääsorminäyte", Saarnisto 1975).

Talvella 1983-1984 otettiin hiilihappojäädytetyt näytteet kaikista altaista. Jauhosuolta ja Räiskinsuolta lietekertymät mitattiin läpinäkyvällä, alapäästä suljetavalla pleksiputkella ( $\varnothing$  2 cm) ja muilta alueilta samalla menetelmällä kuin edellisvuonna. Jäädytetyistä sedimenttinäytteistä analysoitiin vesipiirien laboratorioissa tilavuuspaino sekä haihdutus- ja hehkutusjäännös tiheyden määrittämistä varten.

### 5 TULOKSET

#### 5.1 TUTKIMUSALUEIDEN TURPEEN LAATU

##### Koihnanneva

Koihnannevalta otetut turvenäytteet osoittavat suon turvelajikoostumuksen varsin yhtenäiseksi. Pintaosassa on vallitsevana tupasvillarahkaturve, joka nopeasti vaihtuu rahkasaraturpeeksi. Noin 30-40 cm:n syvyyteen saakka turve on heikosti maatunutta (H4) ja sen alapuolella kohtalaisesti tai hyvin maatunutta (H6-H8). Turpeen kuiva-ainemäärä tilavuusyksikköä kohti on tiivistymisen vuoksi suurin pinnan tuntumassa ja alenee syvyyden kasvaessa (Liite 1). Turpeen kuiva-ainemäärä ja ravinteiden osuus kuiva-aineesta oli seuraava:

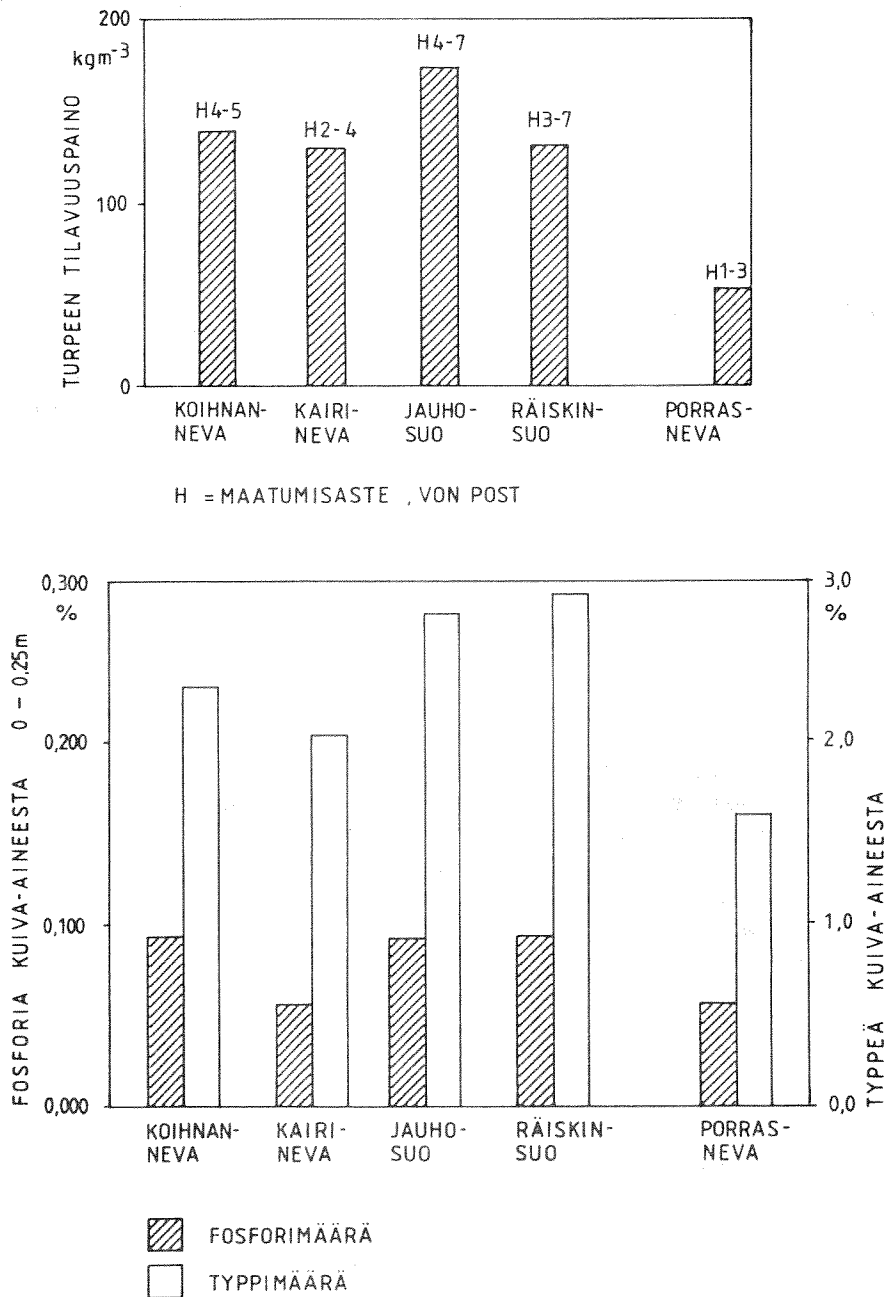
	Näytteenottosyvyys	
	0-0,25 m	0,25-0,50 m
Piste 1.		
kuiva-ainemäärä $\text{kg m}^{-3}$	128,1	107,4
fosforia kuiva-aineesta %	0,067	0,079
typeä kuiva-aineesta %	1,83	2,01
Piste 2.		
kuiva-ainemäärä $\text{kg m}^{-3}$	151,5	157,6
fosforia kuiva-aineesta %	0,119	0,088
typeä kuiva-aineesta %	2,77	2,36

Ravinnemäärien jakautuminen eri kerroksissa ei vaihdellut systemaattisesti turpeen muun laadun mukaan (liitteet 1 ja 2).

## Kairineva

Laskeutusaltaan 1 valuma-alueella turvekerroksen pintaosa oli heikosti maatonutta (H2-4). Turvelaji vaihteli pisteittäin ja vallitsevana olivat rahkavaltaiset turpeet (liite 1). Turpeen kuiva-ainemäärät näytteenottokerroksittain sekä fosforin ja typen osuus kuiva-aineesta on esitetty liitteissä 1 ja 2. Tiivistyneen pintaturpeen keskimääräinen tilavuuspaino 0-10 cm:n kerroksessa oli  $130 \text{ kg m}^{-3}$ . Syvemmällä tilavuuspaino vaihteli maatuneisuuden ja turvelajin mukaan. Piste 1 poikkesi muista valuma-alueen havaintopisteistä. Sen turpeen laatu oli saraturvetta ja kuiva-ainemäärät siitä johtuen suurempia kuin muilla pisteillä.

Laskeutusaltaiden 2 ja 3 valuma-alueen pintaturve oli myös vähän maatonutta (H3-4) ja saraturve oli vallitsevana turvelajina useimmilla pisteillä (liite 1). Alue on melko laaja ja se sisältää eri-ikäisiä tuotantokenttiä. Osaksi tästä syystä ja osaksi kentän tiivistymisen vuoksi myös kuiva-ainemäärät suhteessa maatuneisuuteen ja turvelajiin vaihtelivat.



Kuva 18. Tutkimusalueiden turpeen keskimääräinen maatuneisuus (von Post) 0-0,2 m:n kerroksessa sekä turpeen sisältämän fosforin ja typen osuus kuiva-aineesta (%) 0-0,25 m:n turvekerroksessa.

Tutkituista tuotantoalueista Kairinevan turve sisälsi vähiten ravinteita. Fosforin osuus kuiva-aineesta oli pieni, keskimäärin 0,055 % kun se muilla tuotantoalueilla vaihteli välillä 0,08 - 0,109 %. Myös typpimäärät olivat etenkin altaan 1 valuma-alueella pieniä (allas 1 1,8 %, allas 2 ja 3 vastaavasti 2,26 %, vrt. liitetaulukko 2). Koko tuotantoalueella turve oli fosforin ja typen suhteen melko tasalaatuista. Pisteiden välinen hajonta oli pienempi kuin muilla tuotantoalueilla. Myös raudan määrä oli pieni verrattuna muihin tuotantoalueisiin, vaikkakin pisteiden välinen hajonta oli suuri. Lähes kaikissa pisteissä pintanäytteiden fosforimäärä oli suurempi kuin muissa tutkituissa kerroksissa. Fosforin määrä ei kuitenkaan riippunut selkeästi turvelajista tai tilavuuspainosta. Typen määrä oli suurin saravaltaisissa näytteissä.

### **Jauhosuo**

Turvelajiltaan alue on hyvin yhtenäinen, sillä saravaltaiset turpeet ovat vallitsevia kaikissa pisteissä. Turpeen maatuneisuuden ja lajin perusteella Jauhосуon turve on hyvää polttoturvetta. Piste 1 sijaitsee entisellä peltoalueella ja todennäköisesti tästä johtuen turpeesen on sekoittunut hiekkaa sillä pisteen kuiva-aine sekä ravinnemäärät ovat muita tutkittuja pisteitä suuremmat.

Jauhосуon turvekerroksen kuiva-ainemäärät yleensä laskevat pohjaa kohti. Pinnan tiivistyminen johtuu koneiden tamppausvaikutuksesta. Jauhосуon saravaltaisuutta ja maatuneisuutta kuvastavat suuret ravinnemäärät ja kuivatilavuuspainot (liitteet 1 ja 2). Pintakerroksen keskimääräinen tilavuuspaino oli  $175 \text{ kg m}^{-3}$ . Fosforin osuus kuiva-aineesta on keskimäärin 0,092 % ja typen osuus n. 2,71 %. Rautaa turpeessa on noin 0,95 % kuiva-aineesta.

### **Räiskinsuo**

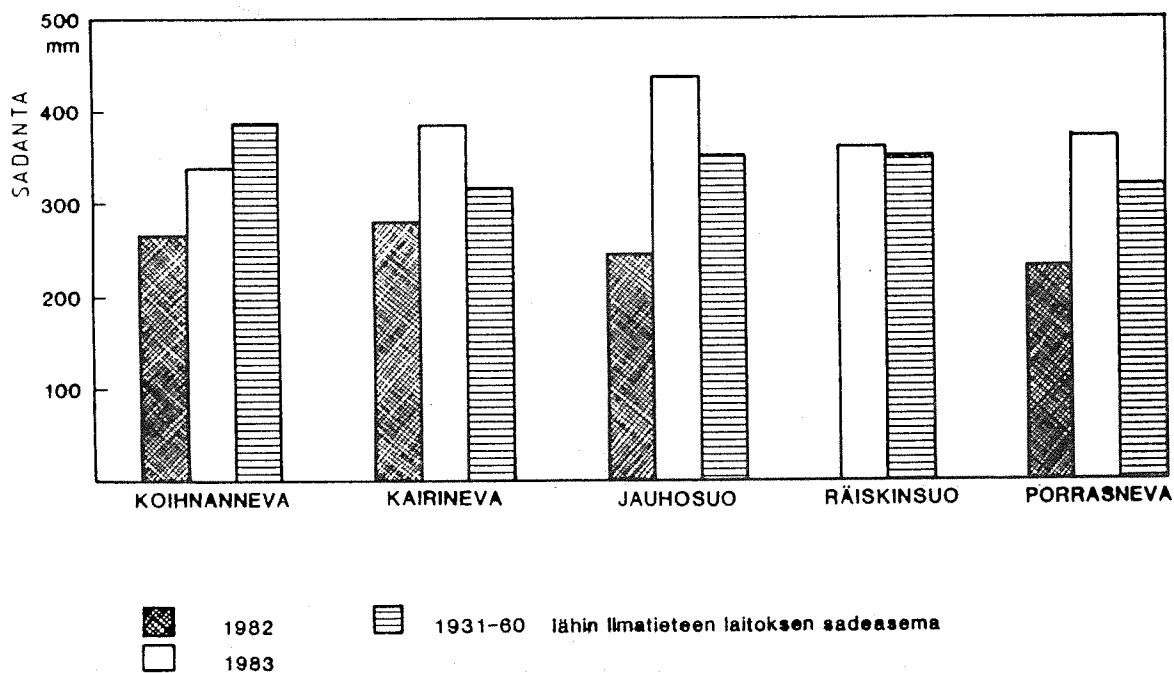
Altaan 1 valuma-alueella saravaltainen turve on vallitsevana, mutta pintaturve on kuitenkin heikosti maatunutta rahkaturvetta. Altaan 2 valuma-alueella rahkavaltainen turve on yleisempää. Kuiva-ainemäärissä tämä ero näkyy altaan 2 alueen pienempinä arvoina. Ravinnemäärät eivät sensijaan seuranneet turvelajin tai maatuneisuuden vaihtelua. Pintakerroksen tilavuuspaino oli keskimäärin  $132,8 \text{ kg m}^{-3}$ . Kuiva-aineessa oli fosforia altaan 1 valuma-alueella keskimäärin 0,08 % ja alaiden 2 ja 3 alueella 0,107 %. Vastaavat typen osuudet olivat 2,62 % ja 2,69 % sekä raudan osuudet 0,7 % ja 0,58 %. Valuma-alueet erosivat myös fosforin ja typen erilaisen syvyysjakautuman suhteen (liite 2).

### **Porrasneva**

Porrasnevan turve on pinnasta heikosti maatunutta rahkaturvetta. Syvemmillä on myös saraturvetta, mutta maatuneisuus on sielläkin melko vähäistä. Pintakerroksen tilavuuspaino oli keskimäärin vain  $53,5 \text{ kg m}^{-3}$ . Kuiva-aineessa oli fosforia keskimäärin 0,056 % ja typpeä 1,96 %. Porrasneva eroaa tutkituista tuotantoalueista selvästi vain pintaturpeen pienen kuivatilavuuspainon perusteella. Ravinnetaso on Porrasnevalla lähes sama kuin Kairinevalla.

## **5.2 SADANTA JA VALUNTA**

Kesä 1982 oli normaalia vähäsateisempi (kuva 19) kaikilla alueilla ja sateet painottuivat syyskesään sekä syksyyn. Myös tutkimusjakson 1983 ajalta puuttuivat rajut ja äkilliset sadekuurot, vaikka koko jakson sadanta olikin edellisvuotta suurempi kaikilla alueilla. Koihnannevilla myös tutkimusjakso 1983 oli pitkäaikaiseen seurantajaksoon (1931-1960) verrattuna vähäsateisempi, mutta muilla alueilla touko-lokakuun sadanta oli selvästi yli vastaavan ajankohdan keskiarvon. Alueelliset vuorokausisadannat ja valumat on esitetty liitteissä 4-14.



Kuva 19. Touko-lokakuun aikainen sadanta tutkimusalueilla vuosina 1982-1983 sekä lähimmän ilmatieteen laitoksen mittausaseman pitkän ajan vastaava keskiarvosadanta.

Koihnannevalla seurantajakson 1982 aikainen suurin vuorokausivaluma oli  $120 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja pienin  $0,51 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Kesä- ja heinäkuussa kenttä pidätti sadannan ja valunta seurasi sadantaa vasta syksyllä. Vuoden 1983 aikana sadanta on jakaantunut tasaisemmin koko havaintojakson ajalle. Lumen sulamisen aikaisia valumanarvoja ei pystytty havainnoimaan täysin luotettavasti jään ja lumen aiheuttaman padotuksen vuoksi. Tulvahuipun aikana kentältä tulevat sulamisvedet kulkeutuivat jäässä olevan altaan kautta. Vuorokausivaluma ylitti mitoitusarvon vain lumen sulamisen aikana ja näytteenoton aikainen hetkellinen maksimi-valuma oli  $57,3 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Kuukausittaiset keskivalumat on esitetty taulukossa 5.

Kairinevalla alle 10 mm:n vuorokausisadannat ovat roudattoman jakson aikana yleensä pidättyneet kenttään aiheuttamatta valunnan kasvua. Vuonna 1982 seurantajakson valumamaksimi oli  $118 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja pienin arvo oli  $1,4 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Vuonna 1983 vastaavat arvot olivat tulvan aikaa (18-20.4) lukuunottamatta  $340 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja  $1,6 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Mitoitusarvo on ylittynyt tulvan aikana ja kerran huhtikuun alussa. Venetjoen tulvinta padotti ojastoja ja vaikeutti siten tulvan aikaisen valunnan havainnointia. Keskikesällä vuorokausivaluma on ollut pitkiä jaksoja selvästi alle  $10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja näytteenottoajan maksimivaluma on ollut  $55,8 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Kuukausivaluman vaihtelut seurantajakson aikana ilmenevät taulukosta 5.

Taulukko 5. Vuorokausivalumien kuukausikeskiarvot ja vaihtelu tutkimusjakson aikana.

Alue/ kuukausi	Valuma, l s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>			
	1982		1983	
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu
Koihnanneva				
I	-	-	17,5	3,7 - 133,7
II			2,2	1,9 - 3,3
III			6,1	2,1 - 34,1
IV			21,0*	3,7 - 82,6
V	15,8*	2,9 - 82,3	9,2	2,6 - 33,9
VI	2,3	0,5 - 4,6	4,5	1,2 - 25,8
VII	4,4	0,7 - 14,4	7,2	1,1 - 25,0
VIII	19,5	1,5 - 120,4	4,4	1,1 - 9,6
IX	10,0*	3,7 - 41,1	13,0	4,8 - 68,0
X			28,4	6,1 - 121,3
Kairineva				
IV			alapuolinen ojasto padotti	
V	27,7*	17,5 - 90,2	32,5	17,4 - 74,9
VI	8,1	3,5 - 16,2	15,1	3,5 - 54,9
VII	2,8	1,7 - 6,3	3,9	1,6 - 17,9
VIII	4,4	1,4 - 32,5	4,3	2,5 - 20,4
IX	9,7	4,4 - 24,3	7,0	2,4 - 49,2
X	9,2	3,2 - 21,5	27,9	12,7 - 74,2
XI	35,7	10,9 - 118,1		
Räiskinsuo				
VI			10,2	2,8 - 54,0
VII			7,3	2,9 - 19,0
VII			5,3	2,3 - 13,6
IX			7,6	1,7 - 15,5
Porrasneva				
V	145,3	34,6 - 434,5	49,7	29,2 - 81,6
VI	14,9	6,9 - 30,9	16,1	7,2 - 32,6
VII	8,0	5,3 - 20,6	8,2	3,7 - 12,8
VIII	8,5	4,3 - 29,1	7,0	3,8 - 22,5
IX	14,5	8,6 - 21,8	11,9	4,0 - 24,6
X	9,1	5,4 - 17,9		
XI	36,2	12,4 - 158,7		

\* ei koko kuukauden havainnointia

Jauhосуon valumanarvot ovat olleet koko seurantajakson ajan selvästi korkeammat kuin muilla alueilla. Tämän tutkimuksen perusteella ei pystytty selvittämään ilmiön syytä. Tämä saattaa johtua Jauhосуon valuma-alueen koon vaihtelusta vuodenaikojen mukaan, kentän sijainnista pohjavesialueen keskellä ja siitä aiheutuvasta vesien suotautumisesta, Nuorittajoen tulvimisesta kentälle normaalin lumensulamisen aiheuttaman tulvan jälkeen sekä patorakenteiden aiheuttamista vaikeuksista. Valunta on seurannut muita tutkittuja kenttiä selvemmin sadantaa ja turpeen maatumisuudesta johtuen kentän vedenpidätyskyky on ollut heikko. Alivirtaamatilanteen aikaiset valumanarvot ovat olleet selvästi muita alueita korkeammat. 1.7. - 4.11.1982 välisenä aikana maksimi vuorokausivaluma oli  $54,8 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja pienin arvo  $3,9 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Vuoden 1983 seurantajakson aikana (5.5.-2.11.1983) vastaavat arvot olivat  $70,0 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja  $10,2 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ .

Räiskinsuolta valumanarvot eivät ole selvästi seuranneet sadantaa ja kentän vedenpidätyskyky on ollut hyvä. Seurantajakson 27.5.-28.9.1982 aikainen maksimivaluma oli  $54,0 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja alhaisin valumanarvo  $1,7 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Kuukausivalumat ilmenevät taulukosta 5.

Porrasneva ojitettiin alkuvuodesta 1982 ja valuntahavainnointi aloitettiin vasta 27.4.1982. Kevätaikaisiin valuman arvoihin aiheuttaa epätarkkuutta valuma-alueen koon tilapäinen vaihtelu ulkopuolisten sulamisvesien päästessä ojastoon. Koska Porrasneva oli vetinen suo, on sen pinta vesivaraston tyhjentymisen seurauksena painunut selvästi. Kesällä osa sadannasta on pidättynyt turvekenttään ja alivirtaamatilanteen aikainen valuma on ollut v. 1982 alhaisimmillaan  $4,3 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja v. 1983 vastaavasti noin  $3,9 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Melko korkeat alivalumanarvot johtuivat Porrasnevan vetisyydestä. Vuonna 1982 vuorokauden maksimivaluma oli  $435 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja vuonna 1983  $261 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ .

### 5.3 KOIHNNANNEVA

#### 5.31 Laskeutumisolot altaassa

Laskeutusaltaan näytteenottopäivien pintakuorma oli aina pienempi kuin ohjearvona käytetty  $1 \text{ m h}^{-1}$ , pienimmillään  $0,002 \text{ m h}^{-1}$  ja suurimmillaan  $0,53 \text{ m h}^{-1}$ . Teoreettinen virtausnopeus altaassa oli kahdella näytteenottokerralla  $0,002 \text{ m s}^{-1}$  ja muulloin pienempi kuin  $0,001 \text{ m s}^{-1}$ . Reynoldsin luvun perusteella altaassa tapahtuva virtaus oli turbulenttista kevättulvan jälkeisellä näytteenottokerralla 6.4.1983. Turbulenttisen ja laminaarisen virtauksen raja-arvo ylittyi 19.4., 4.7. ja 5.10.1983, mutta muulloin Reynoldsin luvun mukainen näytteenottokertojen virtaus oli laminaarista. Valumanarvon ollessa yli  $100 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  virtaus on teoreettisesti turbulenttista Koihnnannevan altaan pohjapadon jälkeisessä osassa. Keskimääräinen vuorokausivalunta ylitti mitoitusarvon  $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  vain tulvan aikana 4.4.1983 ja hetkellinen valuma virtausmittarin toiminta-aikana seuraavina ajankohtina.

	Päivä	Havaittu valuma, $\text{l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$
1982	20.8.	507
	27.8.	343
1983	3.4.-7.4.	kevättulva, jääsohjoa patoutunut ojastoon
	24.9.	300
	19.10.	343

## 5.32 Lietekertymä

Laskeutusaltaaseen jäänyt lietemäärä oli mittausten mukaan syksyllä 1982 yhteensä 245 m<sup>3</sup> eli 6,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Lisäksi ennen allasta olevaan ojastoon oli laskeutunut noin 25 m<sup>3</sup> lietettä. Allas tyhjennettiin myöhään syksyllä kaivinkoneella. Vuoden 1983 aikana lietekertymä altaassa oli 223 m<sup>3</sup> eli 5,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Jääsormella otettujen lietenäytteiden perusteella (1.11.1983) laskeutuneen lietteen tiheys ja kuiva-ainemäärät olivat taulukon 6 mukaiset.

Taulukko 6. Koihnannevan laskeutusaltaan lietetutkimustulokset v. 1983.

Havaintokohta ja -syvyys m	Tiheys kg l <sup>-1</sup>	Kuiva-ainemäärä g kg <sup>-1</sup>	Orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta %
tulopää			
< 0,4	1,03	50,0	73,6
0,4-0,9	1,01	61,6	88,5
keskiosa			
< 0,3	1,02	49,4	62,3
lähtöpää			
< 0,4	0,97	31,0	81,0
0,4-0,7	1,12	123,0	25,7

Altaan tulopäässä oleva liete oli raskaampaa kuin poistopäässä, missä lietteen pintaosa oli hyvin kevyttä ja jääsorminäytteen alaosa ulottui korkean kuiva-ainemäärän sekä alhaisen orgaanisen aineen määrän perusteella jo kivennäismaahan. Sedimenttianalyysien mukaan altaaseen kertynyt lietemäärä oli tutkimusjakson aikana noin 11-12 t kuiva-ainetta eli 300 kg ha<sup>-1</sup>. Orgaanisen lietteen osuus tästä oli noin 8,7 t eli 230 kg ha<sup>-1</sup>. Lisäksi ojastoon, välittömästi altaan yläpuolelle oli kertynyt noin 1,1 - 1,2 t lietettä, josta orgaanisen lietteen osuus oli noin 0,9 - 1,0 t. Sarkaojien lietemääriä ei mitattu.

Lietekerrostuma oli vuonna 1982 mittausten mukaan selvästi paksumpi altaan kapeassa osassa kuin lähtöpäässä ja pohjakynnyksen kohdalla liete ulottui pintaan saakka. Vuonna 1983 lietekerrostuma oli koko altaan alueella selvästi tasaisempi.

## 5.33 Kiintoaine

Näytteenottokertojen välillä oli hyvin selviä eroja vaihteluvälin ollessa 96 %:n pitoisuuden alenemasta 41 %:n kasvuun. Altaan pidätyskyky on ollut parhaimmillaan suurten vesimäärien aikana ja heikommillaan keskikesän alivirtaamatilanteessa, jolloin altaaseen tulevan veden kiintoainemäärä on ollut pieni ja kiintoaine hiukkaskooltaan todennäköisesti hitaasti laskeutuvaa. Koko aineiston tulevan veden korkein kiintoainepitoisuus on ollut 155 mg l<sup>-1</sup> ja alhaisin 6,3 mg l<sup>-1</sup> ja vastaavasti lähtevässä vedessä 54 mg l<sup>-1</sup> ja 1,5 mg l<sup>-1</sup>. Kiintoainepitoisuudet ovat koko aineistossa vaihdelleet taulukossa 7 esitetyllä tavalla. Vuoden 1982 aikainen vesinäytteenotto oli satunnaista ja varsinaiset tuotanto-ajan näytteet puuttuivat täysin.

Taulukko 7. Koihnannevan valumaveden kiintoainepitoisuus.

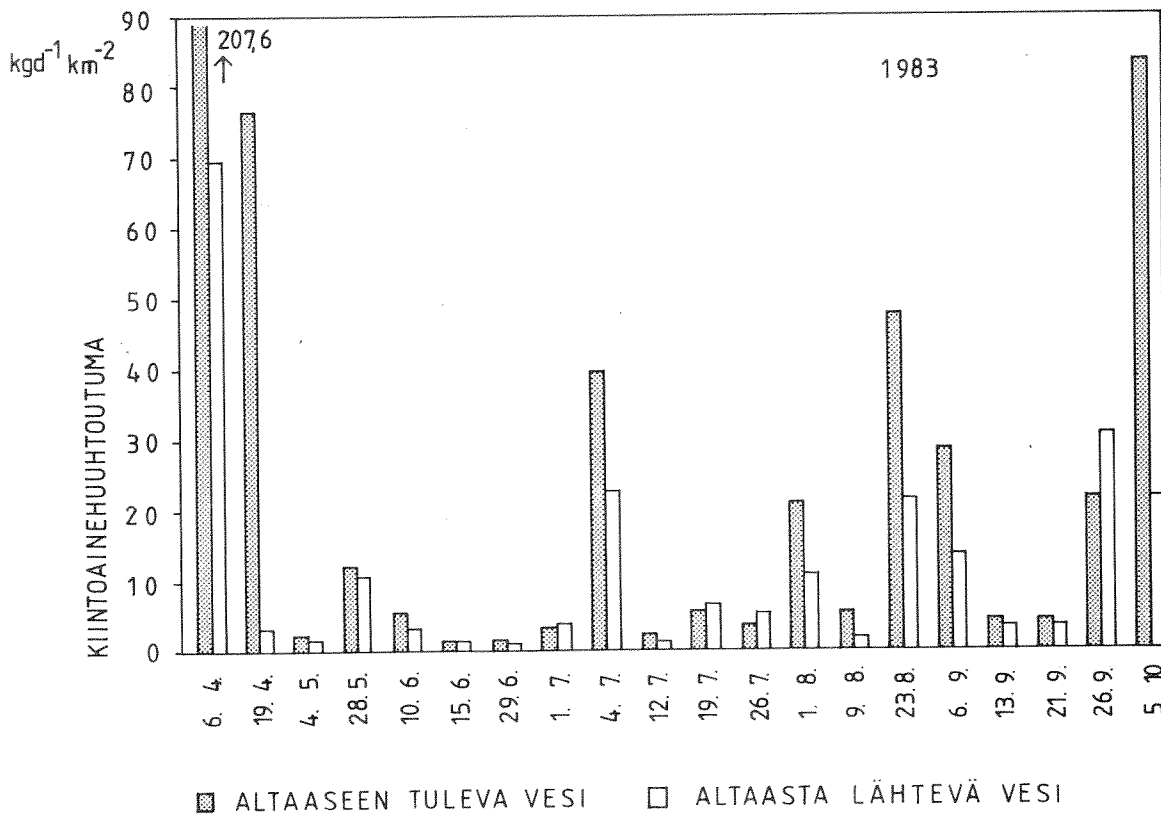
Aika	Kiintoainepitoisuus mg l <sup>-1</sup>				Havain- toja t/l
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
1982					
kevät	-	-	7,9	3,8 - 12,0	0/2
roudaton kausi*	12	-	7,4	6,0 - 7,8	3/3
muu aika	155	-	54,0	-	1/1
1983					
kevät	25,5	14 - 37	3,1	1,5 - 4,7	2/2
roudaton kausi*	21,2	6,3 - 61	14,1	5,3 - 28,0	25/26

\* 1.5.-31.10. välinen aika

t = tuleva vesi

l = lähtevä vesi

Keväällä 1983 sulamishuippu oli huhtikuun alussa. Tällöin altaan pinta oli vielä jäässä ja sulamisvedet, lumi sekä jääsohjo patoutuivat ja purkautuivat 4.5.1983 rajusti mittapadon kautta laskuojaan. Myös virtaamamittarin alapuolisessa ojassa oleva jää padotti veden pintaa, joten pinnankorkeusmittarin antamaa lukemaa ei voitu tulkita luotettavasti. Vesianalyysitulosten perusteella kaksi vuorokautta tulvahuipun jälkeen 6.4.1983 altaan tuloveden kiintoainepitoisuus oli 14 mg l<sup>-1</sup> ja lähtevän veden 4,7 mg l<sup>-1</sup> ja näytteenoton valumanarvo oli 137 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> sekä hetkellinen vuorokauden valumahuippu 230 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>. Jäässä olevan altaan reunoille pidättynyt kiintoainekuorma oli vesinäytteiden perusteella noin 52 kg d<sup>-1</sup> ja reduktio 66 %. Koska altaan pinta oli tulvahuipun ajan jäässä, näkyi kiintoaineen jälkiä altaan reunoilla ja jään pinnassa myöhemmin veden pinnan jälleen laskettua. Tulvahuipun aikainen jäässä olevan altaan kautta kulkenut kiintoainekuorma on saattanut olla useita satoja kilogrammoja yhden vuorokauden aikana. Pääasiassa vesi on kulkeutunut altaan jääkerroksen yli ja pidättyminen on tapahtunut reunoilla ja kentällä olevaan lumeen veden pinnan vähitellen laskeutuessa.



Kuva 20. Koihnannevan kiintoainehuuhtoutuma vuonna 1983.



Todennäköistä on, että altaaseen tulevan veden kiintoainepitoisuus on ollut tulvan alkuvaiheessa alhaisempi kuin 6.4.1983 todettu, koska kentät ja ojastot olivat tällöin vielä jäässä. Tulvan loppuvaiheessa ojastot alkavat jo sulaa, ja sulamisvedet pystyvät helpommin irrottamaan niistä kiintoainetta. Myös 19.4.1983 altaan reduktioprosentti oli korkea 95,9 % ( $Re > 2000$ ) ja kiintoainekuorman alenema kertanäytteen perusteella laskettuna 27,9 kg d<sup>-1</sup>. Kuvassa 20 on esitetty näytteenottoeroittain kiintoainekuorma tulevassa ja lähtevässä vedessä vuonna 1983.

Alivirtaamatilanteen aikana altaan toimivuus on ollut heikompaa ja ajoittain altaasta lähtevän veden kiintoainepitoisuus on ollut tuloveden vastaavaa pitoisuutta korkeampi. Vaikka tuotantojakson aikana kiintoainepitoisuudet olivatkin jonkin verran tulva-aikaisia pitoisuuksia korkeampia jäivät vuorokauden aikaiset huuhtoutumat tällöin kuitenkin alhaisiksi vähäisten vesimäärien vuoksi (vrt. kuva 20). Sulan jakson aikainen vuorokausikuorma tulevassa vedessä oli keskimäärin 16,4 kg d<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> ja altaasta lähtevässä vedessä 9,2 kg d<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> (reduktio 44 %).

Korkein tuotantoaikana esiintynyt kiintoainepitoisuus oli 46 mg l<sup>-1</sup> tulovedessä ja lähtevässä samanaikaisesti 22 mg l<sup>-1</sup> (pitoisuuden alenema 52 %). Viiden näytteenottokerran aikaiset lähtöveden kiintoainepitoisuudet olivat korkeammat kuin tulovedessä (taulukko 8). Muilla havainnointikerroilla (22 havaintoa) altaassa on aina tapahtunut kiintoainepitoisuuden laskua. Poistumaprosentin ollessa alhainen todelliset pitoisuuserot tulevassa ja lähtevässä vedessä olivat kuitenkin vähäiset (taulukko 8). Syynä alhaisiin pitoisuuseroihin saattaa olla alivirtaaman aikainen pieni hiukkaskoko, jota ei käytännössä saada laskeutumaan.

Taulukko 8. Koihnannevan laskeutusaltaan valumanarvot ja kiintoainepitoisuus alivalumatilanteessa altaan toimiessa heikosti.

Aika	Keskivirtaama	Valuman arvo		Pitoisuuden lisäys	
	l s <sup>-1</sup>	keski-arvo	keski-arvo hetkelinen maksimi	%	mg l <sup>-1</sup>
1983					
15.6	0,8	2,09	2,09	17,1	1,3
1.7	1,8	4,65	8,59	18,0	1,5
19.7	1,4	3,73	4,84	22,2	2,5
26.7	0,8	2,16	2,30	31,5	6,7
26.9	5,6	14,72	15,69	41,2	7,0

Altaaseen vesinäytteiden perusteella kertynyt kiintoaine oli paljon pienempi kuin mittausten perusteella havaittu sedimentoitunut lietemäärä. Ero johtui siitä, että vesinäytteenotto ei ollut kattava koko vuoden huuhtoutumien laskemiseen.

### 5.34 Ravinteet ja kemiallinen hapenkulutus

Laskeutusaltaaseen tullut fosforikuorma v. 1983 on ollut sulan jakson aikana keskimäärin 0,25 kg d<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> (vaihteluväli 0,029-0,79) ja altaasta lähtevä keskimäärin 0,24 kg d<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> (vaihtelu 0,029 - 0,99). Tulvan aikainen fosforin tulo-kuorma oli 1,1 kg d<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> ja lähtevä 1,0 kg d<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> ja myöhemmin huhtikuun loppupuolella vastaavat arvot olivat noin 1/4 tulvanaikaisesta huuhtoutumasta. Veden fosforipitoisuus on vaihdellut taulukon 9 mukaisesti.

Taulukko 9. Koihnannevan valumaveden kokonaisfosforipitoisuus tutkimusjakson 1982-1983 aikana.

Aika	Fosforipitoisuus $\mu\text{g l}^{-1}$				Havain- toja t/l
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
1982					
kevät	-	-	125	80 - 170	0/2
roudaton					
kausi*	200	-	160	130 - 180	1/3
muu aika	167	140 - 170	170	-	6/1
1983					
kevät	97	73 - 120	89	68 - 110	2/2
roudaton					
kausi*	417	74 - 920	393	41 - 800	27/27
muu aika	40	-	54	-	1/1
* 1.5.-31.10. välinen aika			t = tuleva vesi l = lähtevä vesi		

Keskikesällä valumaveden määrän ollessa alhainen viipymä altaassa oli jopa 14 vuorokautta. Tällöin tummapohjaisessa, matalassa altaassa tapahtuva hajotus oli voimakasta ja sen seurauksena myös ravinnepitoisuudet lähtevässä vedessä kohosivat tulovettä korkeammiksi. Kohonnut ravinnepitoisuus ilmeni kesäaikana voimakkaana perustuotantona. Fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforista sekä altaaseen tulevassa että sieltä lähtevässä vedessä vaihteli mm. sääolojen ja valumaveden määrän sekä vuodenajan mukaan, mutta keskimääräinen osuus oli 45 % tulevassa ja 47 % altaasta lähtevässä vedessä.

Tulvahuipun jälkeen 6.4.1983 altaaseen tuleva typpihuuhtoutuma oli koko seuranta-kauden korkein eli  $20,8 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , pitoisuuden ollessa sekä tulevassa että lähtevässä vedessä  $1,4 \text{ mg l}^{-1}$ . Altaassa ei tapahtunut tällöin typen pidättymistä. Keskimääräinen näytteenottopäivien typpipitoisuus oli taulukon 10 mukainen.

Taulukko 10. Koihnannevan valumaveden kokonaistyyppipitoisuus tutkimusjakson 1982-1983 aikana.

Aika	Typpipitoisuus mg l <sup>-1</sup>				Havain- toja t/l
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
1982					
kevät	-	-	1,9	1,2 - 2,5	0/2
roudaton					
kausi *	2,7	-	2,9	2,2 - 3,6	1/3
muu aika	3,3	2,3 - 4,4	5,7	-	6/1
1983					
kevät	1,4	-	1,3	1,1 - 1,4	1/2
roudaton					
kausi *	2,6	0,98 - 6,0	2,2	0,75 - 6,9	27/26
muu aika	2,4	-	2,0	-	1/1
* 1.5.-31.10. välinen aika			t = tuleva vesi l = lähtevä vesi		

Selvimmät altaassa tapahtuvat typpipitoisuuden alenemat ajoittuvat keski- ja loppukesälle, jolloin altaan perustuotanto sitoi huomattavan osan typpiyhdisteistä. Typpipitoisuuden muutos vaihteli  $3,3 \text{ mg l}^{-1}$  pitoisuuden lisäyksestä  $3,1 \text{ mg l}^{-1}$  poistumaan. Pitoisuuden lisäykset ajoittuivat toukokuun alkupuolen näytteenotokertaan sekä syksynäytteenottoon. Syksyllä altaassa ja ojaostossa perustuotantoon sitoutuneet ravinteet ovat hajoamisvaiheessa ja siten lisäävät valumaveden kokonaistyyppipitoisuutta. Roudattoman jakson näytteenottopäivien keskimääräinen typpihuuhtoutuma oli  $1,8 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  tulevassa ja  $1,7 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  lähtevässä vedessä.

Ammoniumtypen osuus kokonaistypestä oli suurimmillaan keväällä sekä syksyllä ja pienimmillään keskikesän alivalumatilanteessa. Keskimääräinen osuus kokonaistypestä oli tulevassa vedessä 24,9 % ja altaasta lähtevässä vedessä 20,4 %. Tuotantoaikana vastaavat arvot olivat 14,9 % ja 9,3 %. Ammoniumtypen huuhtoutuma roudattomana kautena oli keskimäärin  $0,61 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  tulevassa vedessä ja  $0,55 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  lähtevässä vedessä. Nitraattitypen määrät olivat tulevassa vedessä alhaisimmillaan kesällä ja korkeimmillaan toukokuun alussa ja syksyllä. Roudattoman jakson keskimääräinen tulevan veden huuhtoutuma oli  $0,17 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja vastaava lähtevän veden arvo oli  $0,29 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$ .

Kemiallisen hapenkulutuksen perusteella laskettu liuenneen orgaanisen aineen määrää kuvaava huuhtoutuma pieneni altaassa keskimäärin 10 % vaihteluvälin ollessa 52 %:n alenemasta keskikesän alhaisten virtaamien aikana n. 20 %:n huuhtoutuman lisäykseen. Happea kuluttavien aineiden ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) huuhtoutuma roudattomana kautena oli tulevassa vedessä keskimäärin  $36,3 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja lähtevässä vedessä  $33,9 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja suurin huuhtoutuma  $114,2 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  oli 4.7.1983.

### 5.35 Muut vedenlaatutekijät

Kevättulvan aikana veden happamuus on ollut lähes sama sekä altaaseen tulevassa että sieltä lähtevässä vedessä (pH 5,9 - 6,0). Roudattoman kauden aikana tulevan veden happamuus on ollut keskimäärin pH 6,9 (vaihtelu pH 6,2 - 7,6) ja lähtevän veden myös pH 6,9 (vaihtelu 6,1 - 7,7).

Väriarvo on roudattoman jakson aikana ollut  $370 \text{ mg Pt l}^{-1}$  altaaseen tulevassa ja  $385 \text{ mg Pt l}^{-1}$  sieltä lähtevässä vedessä. Lumen sulamisen aikana väriarvot olivat 100-120  $\text{mg Pt l}^{-1}$ .

Veden sähkönjohtavuus on noudatellut selvästi vuodenaikaisrytmiä siten, että arvot olivat alhaisimmillaan (n.  $2 \text{ mS m}^{-1}$ ) lumen sulamisen aikana. Roudattoman kauden tulevan veden keskiarvo v. 1983 oli  $9,1 \text{ mS m}^{-1}$  (vaihtelu 5,9 - 14,0  $\text{mS m}^{-1}$ ) ja vastaava lähtevän veden arvo  $8,5 \text{ mS m}^{-1}$  (vaihtelu 5,2 - 14,0). Arvot kohosivat selvästi loppukesää ja syksyä kohti todennäköisesti altaassa tapahtuvan hajotuksen vuoksi.

## 5.4 KAIRINEVA

### 5.41 Laskeutumisolot altaissa

Seurantajaksojen 19.5. - 7.12.1982 ja 23.2. - 31.10.1983 aikana hetkelliset valumanarvot ja keskimääräiset vuorokausivalumat ylittivät mitoitusarvon seuraavasti:

aika	hetkellinen valuma $\text{l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$	vuorokauden keskivaluma $\text{l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$
4.4.1983	384	70
7.4.	378	276
8.4.	410	340
18.-24.4.	kevättulva, Venetjoki tulvi ja padotti	

Laskeutusaltaan 1 pintakuorma oli tulvan aikaista näytteenottokertaa lukuunottamatta aina pienempi kuin  $1,0 \text{ m h}^{-1}$ . Reynoldsin luvun perusteella virtaus oli turbulenttista 20.4., 2.5 ja 1.6 ja virtaus altaassa 1 on aina turbulenttista, kun valumanarvo on  $\geq 36 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Näytteenottoaikainen viipymä altaassa vaihteli 1,4 h:sta (20.4.1983) jopa yli kuuteen vuorokauteen. Virtausnopeus oli tulvan aikaisella näytteenottokerralla  $0,017 \text{ m s}^{-1}$  ja muulloin selvästi alhaisempi kuin  $0,01 \text{ m s}^{-1}$ .

Laskeutusaltaassa 2 virtausnopeus oli tulvan aikana  $0,028 \text{ m s}^{-1}$  ja muulloin pienempi kuin  $0,01 \text{ m s}^{-1}$ . Pintakuorma ylitti ohjearvon vain 20.4.1983 ( $1,85 \text{ m h}^{-1}$ ). Tällöin altaan viipymä oli n. 0,7 h. Pisin laskennallinen viipymä altaassa oli 2,7 vuorokautta. Virtaama oli turbulenttista kolmella näytteenottokerralla (20.4., 2.5., 1.6.1983) ja täysin laminaarista myös kolmella näytteenottokerralla. Valumanarvon ollessa yli  $31 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  virtaus on tässä altaassa aina turbulenttista.

Altaan 3 laskennallinen pintakuorma oli aina pienempi kuin ohjearvona oleva  $1 \text{ m h}^{-1}$ . Virtaus oli Reynoldsin luvun perusteella turbulenttista tulvan aikana ja laskennallisesti aina valumanarvon ylittäessä  $51 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Virtausnopeus oli kaikilla kerroilla pienempi kuin  $0,01 \text{ m s}^{-1}$ . Lyhin näytteenottoajan viipymä oli 3,6 h ja pisin 15 vuorokautta.

#### 5.42 Lietekertymä

Sedimenttimittausten mukaan Kairinevan altaan 1 lietemäärä oli vuonna 1982 kerääntynyt toiselle reunalle allasta todennäköisesti tulo-ojan vinosta liittymästä johtuen. Vuoden 1983 lietemittausten mukaan kerrostuma oli tasoittunut koko altaan alueelle. Altaita ei ole mittausten välillä tyhjennetty, joten liete kerrostuma on tiivistynyt. Sen huomioon ottaminen on kuitenkin tulosten käsittelyssä vaikeaa ja se on jätetty tässä yhteydessä huomioonottamatta.

Altaiden lietekertymät on laskettu 4 m:n välein mitattujen altaiden poikkileikkauksien sekä jääsorminäytteellä otettujen näytteiden perusteella. Koska jääsorminäytteet on otettu vain 2-3 pisteestä altaan keskeltä, missä poikkileikkausten mukaan on keskimääräistä paksumpi kerros lietettä, ei sen perusteella voitu laskea kokonaiskertymää, vaan lietekertymä on laskettu työmaan mittausten mukaan. Taulukossa 11 on esitetty lietemittaustulokset.

Taulukko 11. Kairinevan laskeutusaltaiden lietetutkimustulokset.

Paikka	Tiheys kg l <sup>-1</sup>		Kuiva-ainemäärä g kg <sup>-1</sup>	
	1982	1983	1982	1983
allas 1				
tulopää	1,03	1,00	28,4	28,3
keskiosa	1,00	1,03	55,2	35,1
lähtöpää	1,00	0,99	48,9	39,2
allas 2				
tulopää	1,01	1,01	73,0	49,5
keskiosa	0,98	0,99	84,3	48,1
lähtöpää	1,00	1,12	91,1	184,3
allas 3				
tulopää	1,12	1,08	93,2	115,1
keskiosa		1,13		231,8
lähtöpää	1,09	1,00	209,0	77,4

Laskeutusaltaaseen 1 oli 30.10.1983 mennessä jäänyt 450 m<sup>3</sup> lietettä, joka vuosikertymäksi laskettuna oli 11,6 t. Pinta-alayksikköä kohti kertymä oli 0,85 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> eli 33 kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>. Lietemäärä laskettuna tuotantopinta-alaa kohti oli 1,1 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> eli 43 kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>. Vuonna 1982 liete kerrostuma oli muodostunut virtaussuunnassa vajaan 30 m:n matkalle ja orgaanisen lietteen osuus oli selvästi suurin altaan tulopäässä. Vuoden 1983 aikana liete kerros oli tasoittunut koko altaan alueelle voimakkaiden tulvanaikaisten virtaamavaihteluiden aikana. Jääsorminäytteiden perusteella syksyllä 1983 turveperäinen kerros oli 0,35 m:n paksuinen altaan tulopäässä ja 0,16 m:ä lähtöpäässä. Orgaanisen lietteen osuus oli keskimäärin 61 % eli 20,1 kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>.

Laskeutusaltaaseen 2 oli pidättynyt kiintoainetta 180 m<sup>3</sup>, joka valuma-alueetta kohti laskettuna oli 0,63 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> eli 58 kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>. Orgaanista ainetta lietteessä oli vain keskimäärin 46,5 % eli 27,1 kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>. Vuonna 1982 lietettä oli kerrostunut n. 20 m:n matkalle ja vuonna 1983 lietettä oli jo laajemmalla alueella tulossuunnasta. Altaan reunalta on todennäköisesti valunut jonkin verran kivennäisainetta ja tämä näkyi altaan poistopäässä korkeina lietteen kuiva-ainemäärinä (taulukko 11). Mineraaliaineksen osuutta kuvasti näytteen korkea hehkutusjäännöksen arvo.

Laskeutusaltaan 3 lietemäärä oli 203 m<sup>3</sup> ja vuosikertymänä 2,0 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> eli 293 kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>. Orgaanisen aineen osuus oli 29 % eli 85 kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>. Altaan valuma-alue oli selvästi muita altaita pienempi ja sen seurauksena äkillisten virtaamavaihteluiden aiheuttamaa huuhtoutumaa ei ole tapahtunut, ja allas on pidättänyt lietemäärämittausten perusteella Kairinevan altaista parhaiten kiintoainetta. Lietemittausten mukaan altaan sedimentti on sisältänyt selvästi eniten kivennäisainetta ja sen vuoksi myös pinta-alayksikköä kohden lasketut vuosihuuhtoutumat olivat muita altaita korkeammat. Todennäköisesti sedimentoitunut aines on tullut suurten vesimäärien aikana ojastosta sekä osaksi altaiden reunoilta syöpymisen seurauksena. Altain 2 ja 3 valuma-alue saattaa vaihdella vuodenaikojen mukaan.

## 5.43 Kiintoaine

Tulvahuippu oli keväällä 1983 huhtikuun 19. päivänä ja tällöin Kairinevan lähellä virtaavan Venetjoen vedenpinta kohosi lähes kentän tasolle. Tämä aiheutti tulkintavaikeuksia virtaamamittarin toimintaan ojaston padotuksen vuoksi ja samalla vaikeutti tulvanaikaisten huuhtoutumien arviointia.

Vesianalyysien perusteella laskeutusaltaan 1 toiminta on vaihdellut huomattavasti vaihteluvälin ollessa 81 %:n pitoisuuden alenemasta 38 %:n pitoisuuden lisäykseen. Roudattoman jakson aikainen altaaseen tuleva kiintoainehuuhtoutuma oli näytteenottokertojen keskiarvona  $72,1 \text{ kg d}^{-1}\text{km}^{-2}$  ja altaasta lähtevä  $49,9 \text{ kg d}^{-1}\text{km}^{-2}$  (reduktio 31 %). Suurin kiintoainemäärä on pidättynyt välittömästi tulvahuipun jälkeen, vaikka virtaus Reynoldsin luvun mukaan olikin turbulenttista. Pidättyminen johtui todennäköisesti suuren vesimäärän mukanaan kuljettamasta karkeasta aineksesta, joka jäi altaan reunoille sekä veden pinnan laskettua jään päälle. Tulevan veden kiintoainepitoisuus oli tällöin  $15,7 \text{ mg l}^{-1}$  ja lähtevän veden  $7,7 \text{ mg l}^{-1}$ . Kiintoainepitoisuus on vaihdellut taulukon 12 osoittamalla tavalla.

Kahdella näytteenottokerralla (1.6. ja 17.6.1983) altaasta on huuhtoutunut kiintoainetta. Valumanarvo 1.6.1983 altaan heikosti toimiessa oli vuorokausikeskiarvona  $54,9 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja hetkellinen näytteenottoajan maksimi oli  $56 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , viipymä noin 12 h ja  $Re > 10000$ . Vastaava keskivalunta 17.6.1983 oli  $20,4 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , maksimivalunta  $21 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja viipymä 19 h ja  $Re > 6000$ .

Taulukko 12. Kairinevan valumaveden keskimääräinen kiintoainepitoisuus.

Aika/paikka	Kiintoainepitoisuus mg l <sup>-1</sup>				Havain- toja t/l
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
1982					
roudaton kausi*					
allas 1	76,9	67,4 - 86,3	62,0	55,3 - 68,6	2/2
allas 2	59,0	57,9 - 60,0	59,0	45,8 - 72,2	2/2
allas 3	87,5	70,9 - 104,0	53,8	48,8 - 58,7	2/2
1983					
kevät					
allas 1	15,7		7,7		1/1
allas 2	45,0		20,9		1/1
allas 3	28,8		14,4		1/1
roudaton kausi*					
allas 1	57,0	10,0 - 276,0	37,0	9,6 - 78,8	30/14
allas 2	65,9	11,2 - 305,0	31,1	9,6 - 57,3	12/12
allas 3	43,8	8,3 - 236,0	32,2	6,8 - 66,7	15/15
muu aika					
allas 1	26,1	12,2 - 40,0	21,9	8,1 - 35,6	2/2
allas 2	35,1		33,3		1/1
allas 3	21,6	2,4 - 40,8	20,9	3,4 - 38,3	2/2

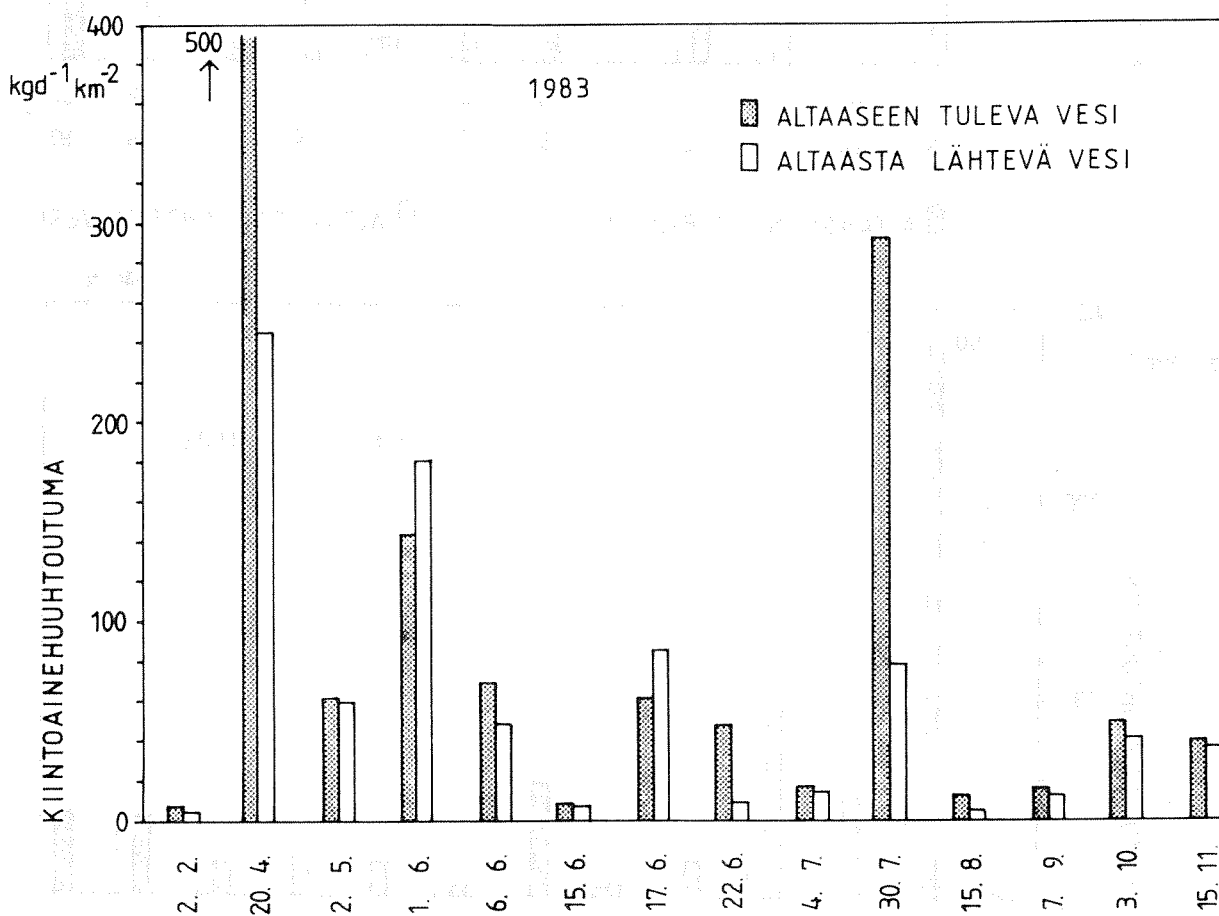
\* roudaton kausi 1.5. - 31.10. välinen aika.

t = tuleva vesi

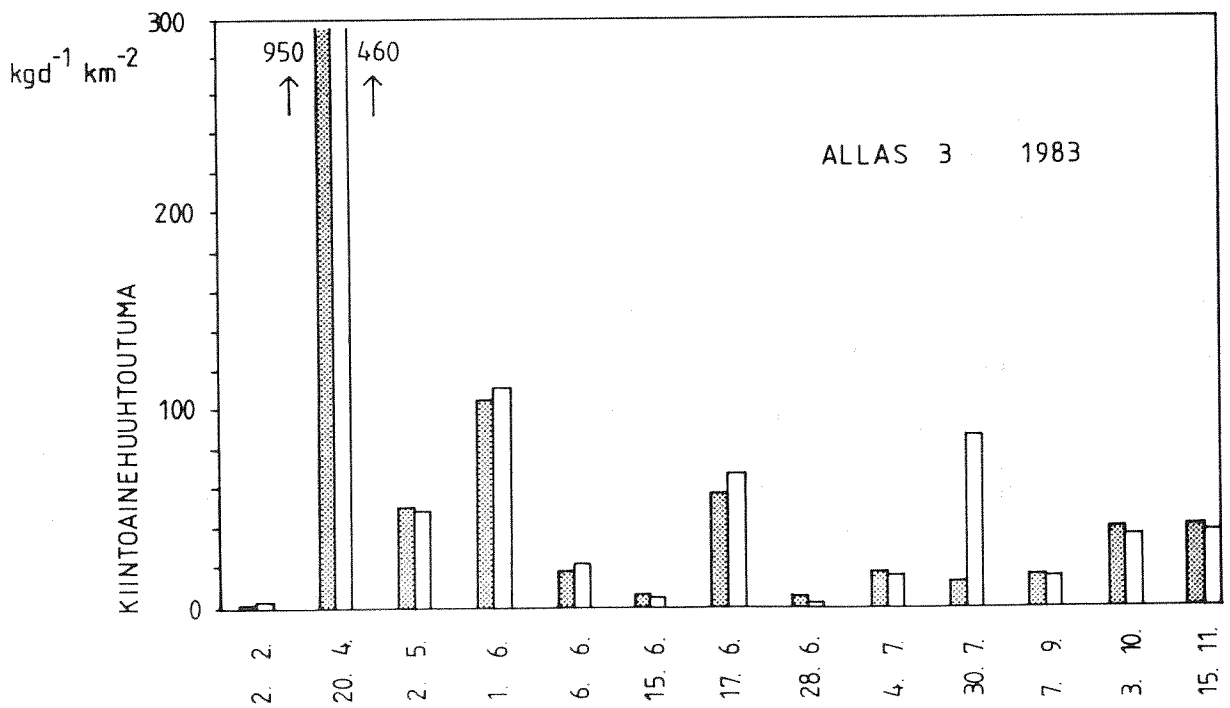
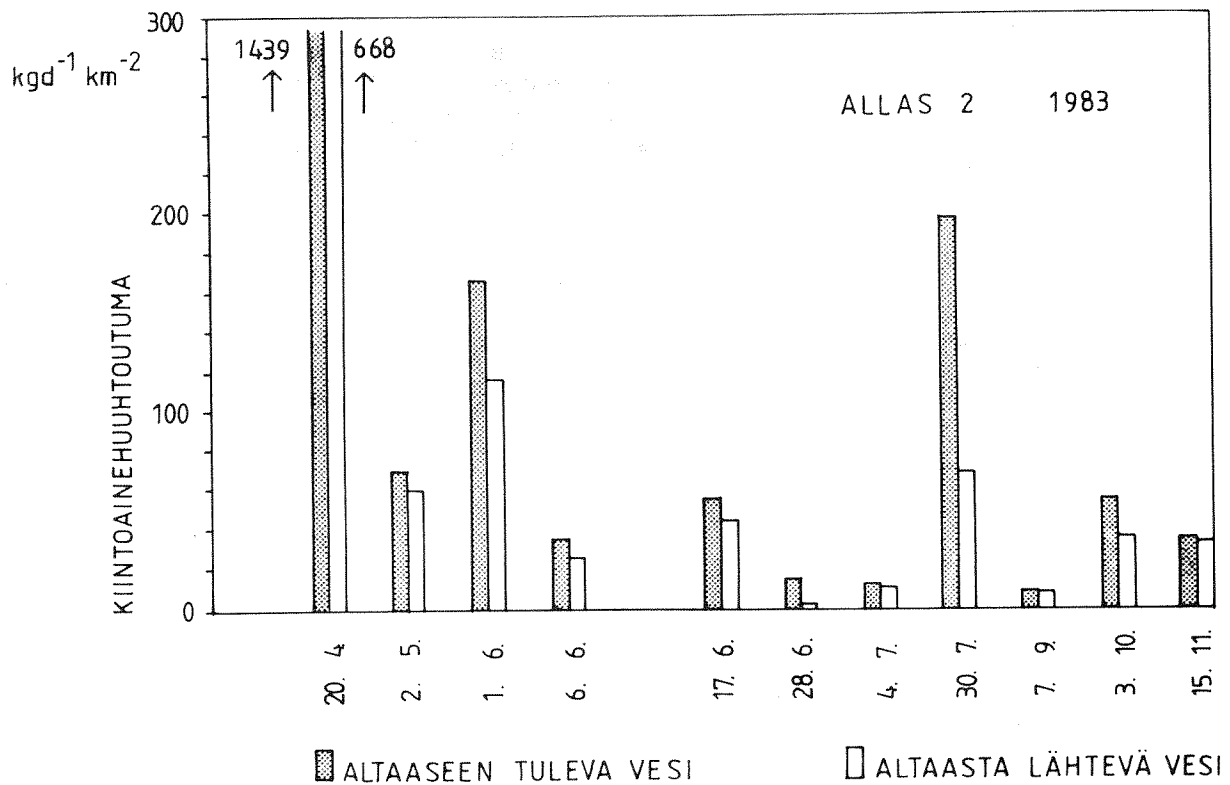
l = lähtevä vesi

Kuvassa 21 on esitetty näytteenottopäivien aikainen kiintoainehuuhtoutuma. Rouhattoman kauden aikana allas on toiminut parhaiten 30.7.1983 (pidähtynyt kiintoaine  $753 \text{ kg d}^{-1}$  reduktio 73 %). Tällöin kiintoainepitoisuuden vaihtelu vuorokauden aikana on ollut  $70,4 - 276,0 \text{ mg l}^{-1}$  tulevassa vedessä ja lähtevässä vedessä  $18,4 - 78,8 \text{ mg l}^{-1}$ . Parhaiten allas on toiminut kiintoainepitoisuuden ollessa korkea. Tällöin hetkellinen maksimivaluma näytteenottoaikana oli  $53 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$  ja vuorokauden keskivaluma  $11,5 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$ .

Orgaanisen kiintoaineen osuus muutaman näytteenottokerran perusteella oli altaaseen 1 tulevassa vedessä 31 % ja sieltä lähtevässä vedessä 57 %. Koska allasta ei ole välillä tyhjennetty, on sieltä saattanut huuhtoutua laskeutunutta lietettä.



Kuva 21. Kairineva altaan 1, kiintoainehuuhtoutuma vuonna 1983.



Kuva 22. Kairinevan laskeutusaltaiden 2 ja 3 kiintoainehuuhtoutuma vuonna 1983.



Laskeutusaltaan 2 lähtevän veden kiintoainepitoisuus on ollut kaikilla v. 1983 aikaisilla näytteenottokerroilla alhaisempi kuin tulevassa vedessä ja altaaseen pidähtynyt kiintoainemäärä on ollut suurin tulvan jälkeisellä näytteenottokerralla, jolloin tuloveden kiintoainehuuhtoutuma oli  $1439 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja vastaava lähtevän veden arvo  $668,1 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (reduktio 54 %). Roudattoman kauden aikaiset näytteenottopäivien kiintoainehuuhtoutumat olivat keskimäärin  $70,2 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja lähtevän veden vastaava arvo  $43,1 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (reduktio 38,6 %). Myös altaassa 2 pidähtyminen oli selvempää kiintoainepitoisuuden kasvaessa.

Roudattomana aikana myös allas 2 on toiminut parhaiten 30.7.1983, jolloin altaaseen pidähtynyt kiintoainemäärä oli  $258,5 \text{ kg d}^{-1}$  (reduktio 64,5 %, Re -5000) ja huonoimmin alhaisten virtaamien aikana (Re -1000) 4.7. ja 7.9.1983, jolloin reduktio oli 2 - 5 % ja myös huuhtoutuman arvot ovat olleet alhaisia (vrt. kuva 22). Orgaanisen kiintoaineen osuus altaaseen tulevasta huuhtoutumasta oli muutaman näytteenottokerran perusteella 29 % ja lähtevässä vedessä 41 %. Pitoisuuksien vaihtelut on esitetty taulukossa 12.

Laskeutusaltaan 3 toiminta on vaihdellut huomattavasti ja neljällä näytteenottokerralla lähtevä huuhtoutuma on ollut suurempi kuin altaaseen tuleva. Parhaiten allas on toiminut tulvan aikana, jolloin reduktio oli 50 % ja altaaseen pidähtynyt kiintoainemäärä  $322,3 \text{ kg d}^{-1}$ . Roudattoman kauden aikainen huuhtoutuma altaaseen tulevassa vedessä oli näytteenottopäivien keskiarvona  $34,5 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja vastaava lähtevän veden huuhtoutuma oli  $42,0 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Orgaanisen aineen osuus altaaseen tulevasta kiintoaineesta oli 28 % ja lähtevässä vedessä 48 %.

Laskeutusaltaiden 2 ja 3 toimivuuden tulkintaa on vaikeuttanut valumavesien epätasainen jakautuminen altaiden kesken eri vuodenaikoina.

#### 5.44 Ravinteet ja kemiallinen hapenkulutus

Korkeimmat fosforipitoisuudet olivat alhaisten virtaamien aikana keskikesällä, jolloin myös altaiden veden vaihtuvuus oli hitainta viipymän ollessa jopa useita vuorokausia. Perustuotanto sitoi fosforiyhdisteitä kesän aikana ja tämän vuoksi lähtevän veden fosforipitoisuus oli yleensä tulevaa vettä alhaisempi. Marraskuun näytteenottokerralla tilanne oli kaikissa altaissa päinvastainen ja osoitti siten altaassa syntyneen orgaanisen aineen hajoamista ja ravinteiden vapautumista. Laskeutusaltaiden toimivuus ravinteiden pidättäjänä on siten ollut vaihtelevaa, kuten taulukosta 13 ilmenee.

Taulukko 13. Kairinevan valumaveden kokonaisfosforipitoisuus ja keskimääräinen fosforihuuhtoutuma v. 1983.

Aika/paikka	Tuleva vesi, $P_{\text{tot}}$		Lähtevä vesi, $P_{\text{tot}}$		Havain-	
	pitoisuus		pitoisuus		toja	
	$\mu\text{g l}^{-1}$	kuormitus $\text{kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	kuormitus $\text{kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$	t/l	
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu		
kevät						
allas 1	48	-	1,53	30	-	0,96 **
allas 2	95	-	3,04	50	-	1,60 1/1
allas 3	70	-	2,24	42	-	1,34 1/1
roudaton kausi *						
allas 1	102	25-224	0,12	82	31-125	0,11 14/14
allas 2	81	22-184	0,10	67	18-107	0,08 12/12
allas 3	68	15-156	0,08	59	17-95	0,08 15/15
muu aika						
allas 1	57	56-58	0,05	54	41-67	0,05 2/2
allas 2	45	-	0,05	71	-	0,08 1/1
allas 3	34	28-40	0,02	40	26-54	0,04 2/2

\* 1.5.-31.10. välinen aika

\*\* virtaama laskuojan padotuksen vuoksi epävarma

t = tuleva vesi

l = lähtevä vesi

Fosfaattifosforin osuus altaaseen tulevassa vedessä oli roudattomana kautena 23-25 % kokonaisfosforista ja noin 23 % lähtevän veden kokonaisfosforista. Keskimäärin fosfaattifosforin pitoisuus altaaseen tulevassa vedessä oli 14 - 20  $\mu\text{g l}^{-1}$  ja lähtevässä 12 - 17  $\mu\text{g l}^{-1}$ . Kesäaikana valuman kasvaessa lähtevän veden fosfaattifosforin osuus kasvoi.

Tulvahuipun jälkeen kaikissa altaissa oli koko seurantajakson korkein typpihuuhtoutuma, vaikka korkeimmat typpipitoisuudet olivatkin alivaluman aikana.

Taulukko 14. Kairinevan laskeutusaltaiden valumaveden kokonaistyppipitoisuus ja keskimääräinen typpihuuhtoutuma v. 1983.

Aika/paikka	Tuleva vesi, $N_{\text{tot}}$			Lähtevä vesi, $N_{\text{tot}}$			Havain- toja t/l
	pitoisuus		kuormitus $\text{kg d}^{-1}\text{km}^{-2}$	pitoisuus		kuormitus $\text{kg d}^{-1}\text{km}^{-2}$	
	$\text{mg l}^{-1}$			$\text{mg l}^{-1}$			
	keskiarvo	vaihtelu		keskiarvo	vaihtelu		
kevät							
allas 1	1,23	-	39,3**	1,11	-	35,5**	1/1
allas 2	0,97	-	31,0**	0,88	-	28,1**	1/1
allas 3	0,59	-	19,0**	0,60	-	19,2**	1/1
roudaton kausi*							
allas 1	4,24	1,5-9,8	5,6	3,35	1,6-8,3	4,6	14/14
allas 2	3,08	0,1-7,2	4,7	3,35	1,9-5,6	5,0	12/12
allas 3	2,58	0,5-6,5	2,8	2,43	0,7-5,8	2,8	15/15
muu aika							
allas 1	3,29	3,2-3,4	3,0	2,84	2,5-3,2	2,6	2/2
allas 2	2,79	-	2,9	3,36	-	3,5	1/1
allas 3	2,13	1,4-2,8	2,0	1,69	1,4-2,0	1,6	2/2

\* 1.5.-31.10. välinen aika

\*\* virtaama laskuojan padotuksen vuoksi epävarma.

t = tuleva vesi

l = lähtevä vesi

Keskimääräinen typen pidätyskyky altaassa vaihteli säätilan ja vuodenajan mukaan. Kaikista altaista huuhtoutui ajoittain typpeä ja keskimääräinen typpipitoisuus altaassa väheni noin 20 % tai pysyi lähes samana kuin tulevassa vedessä.

Altaaseen 1 tulevassa vedessä ammoniumtypen osuus kokonaistypestä roudattomana aikana oli 29 % ja lähtevässä vedessä 53 %. Tulvan aikana, keväällä ja kesällä lähtevän veden ammoniumtypen pitoisuus oli alhaisempi kuin tulevassa vedessä, mutta syksyllä tilanne oli päinvastainen. Keskimääräinen huuhtoutuma tulevassa vedessä oli 3,25  $\text{kg d}^{-1}\text{km}^{-2}$  ja lähtevässä vedessä 2,58  $\text{kg d}^{-1}\text{km}^{-2}$  (poistuma 21 %). Tulvan jälkeen ammoniumtyppiyhdisteiden pidättymisosuus oli n. 80 %.

Nitraattitypen pitoisuus altaassa 1 oli korkeimmillaan syksyllä. Keskimääräinen pitoisuus tulovedessä roudattomana aikana oli 0,185  $\text{mg l}^{-1}$  (0,01 - 0,83  $\text{mg l}^{-1}$ ) ja lähtevässä vedessä 0,309  $\text{mg l}^{-1}$  (0,02 - 1,99  $\text{mg l}^{-1}$ ). Lähtevän veden korkea keskipitoisuus johtuu 3.10.1983 altaasta tapahtuneesta nitraattitypen huuhtoutumasta, jolloin lähtevän veden pitoisuus (1,99  $\text{mg l}^{-1}$ ) oli yli kaksinkertainen tulevaan veteen verrattuna. Nitraattitypen osuus kokonaistypestä oli roudattomana kautena keskimäärin 5,1 % altaaseen tulevassa ja 6,2 % lähtevässä vedessä.

Altaissa 2 ja 3 ammoniumtypen keskimääräiset pitoisuudet olivat tulevassa vedessä  $1,64 \text{ mg l}^{-1}$  ja  $1,06 \text{ mg l}^{-1}$  sekä vastaavat lähtevän veden arvot  $1,51 \text{ mg l}^{-1}$  ja  $1,04 \text{ mg l}^{-1}$ . Korkeimmat pitoisuudet olivat kummassakin altaassa 30.7.1983 keskikesän alivalumatilanteen aikaisen sadekuuron jälkeen sekä myöhemmin syksyllä. Ammoniumtypen osuus kokonaistypestä oli suurimmillaan toukokuun alussa sekä syksyllä. Roudattoman kauden keskimääräiset huuhtoutumat olivat altaan 2 tulevassa vedessä  $2,83 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja lähtevässä vedessä  $2,62 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Vastaavat altaan 3 keskimääräiset huuhtoutumat olivat  $1,52 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja  $1,42 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Tulvan aikana altaat eivät ole pidättäneet ammoniumtyppeä.

Nitraattityypin pitoisuus altaissa 2 ja 3 oli korkein lokakuun näytteenottokerralla, jolloin kesällä altaaseen biologisesti sitoutunut nitraattityppi oli hajoamassa ja sen seurauksena ravinteiden vapautuminen näkyi myös nitraattihuuhtoutuman kasvuna. Roudattomana aikana pitoisuudet vaihtelivat keskimäärin  $0,2 \text{ mg l}^{-1}$  altaaseen 2 ja  $0,05 \text{ mg l}^{-1}$  altaaseen 3 tulevassa vedessä ja vastaavasti  $0,25 \text{ mg l}^{-1}$  altaasta 2 ja  $0,07 \text{ mg l}^{-1}$  altaasta 3 lähtevässä vedessä. Altaan 3 nitraattityypipitoisuudet olivat yleensä alhaisemmat kuin muissa altaissa ja lähtevän veden nitraattityypipitoisuus oli kaikissa altaissa yleensä jonkin verran korkeampi kuin tulevassa vedessä.

Kemiallisen hapenkulutuksen avulla voidaan laskea orgaanisen aineen huuhtoutumaa. Roudattomana kautena happea kuluttavien aineiden huuhtoutuma on tulevassa ja lähtevässä vedessä  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -analyysitulosten mukaan laskettuna esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Kairinevan valumaveden happea kuluttavien aineiden ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) keskimääräinen huuhtoutuma roudattoman kauden näytteenottokerroilla v. 1983.

Paikka	Tuleva vesi, COD <sub>Mn</sub>			Lähtevä vesi, COD <sub>Mn</sub>			Havain- toja
	pitoisuus mg l <sup>-1</sup>	kuormitus kgd <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>		pitoisuus mg l <sup>-1</sup>	kuormitus kgd <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>		
	keskiarvo	vaihtelu		keskiarvo	vaihtelu		
roudaton kausi							
allas 1	47,6	98,9	17,4-251,3	60,0	87,7	16,7-237,1	11
allas 2	62,6	106,6	19,6-226,8	57,0	97,6	21,6-220,5	9
allas 3	64,4	109,2	16,7-312,9	59,0	97,9	16,4-251,1	10

Huuhtoutumat olivat suurimmillaan tulvan aikana, vaikka pitoisuudet tällöin olivatkin alhaiset. Huuhtoutuma on altaissa yleensä hieman kohonnut tai pysynyt lähes samana.

#### 5.45 Muut vedenlaatutekijät

Alhaisin seurantajakson aikainen valumaveden pH-luku oli pH 4,7 altaaseen 3 tulevassa vedessä kevättulvan aikana ja korkein arvo pH 7,2 samassa altaassa syyskuun alussa. Keskimääräiset arvot olivat Kairinevalla seuraavan taulukon mukaiset.

Taulukko 16. Kairinevan valumaveden pH-luku tutkimusjakson 1982-1983 aikana.

Aika/paikka	pH-luku				Havain- toja t/l
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
kevät					
allas 1	5,7		5,6		1/1
allas 2	5,3		5,3		1/1
allas 3	4,7		4,8		1/1
roudaton kausi					
allas 1	6,6	5,8 - 7,6	6,7	6,0 - 7,4	16/16
allas 2	6,5	5,8 - 7,0	6,6	6,0 - 7,0	12/12
allas 3	6,2	5,1 - 7,2	6,4	5,1 - 7,4	17/17
muu aika					
allas 1	6,5	6,4 - 6,5	6,4	6,4	2/2
allas 2	6,5				1/1
allas 3	6,1	6,1	6,1	6,0 - 6,1	2/2

Veden pH-luvun muutokset altaissa olivat yleensä 0,1 - 0,3 yksikön suuruisia eikä muutoksen suunta ollut systeemaattinen. Poikkeuksena oli heinäkuun lopun sadeajan näytteenottokerta, jolloin altaassa 1 pH-luku kohosi 6,0:sta 6,6:een, altaassa 2 6,2:sta 6,5:een ja altaassa 3 6,3:sta 6,7:ään. Talvinäytteenottokerroilla pH-luku oli 6,1 - 6,4.

Veden sähkönjohtavuus oli alhaisimmillaan (1,7-1,8 mS m<sup>-1</sup>) tulvan aikana altaissa 1 ja 2 ja samanaikaisesti altaassa 3 2,3-2,5 mS m<sup>-1</sup> ja korkeimmillaan altaissa 1 ja 2 (tuleva vesi 10,8 mS m<sup>-1</sup>) myöhään syksyllä. Roudattoman kauden sähkönjohtavuuden muutokset altaisiin tulevassa ja sieltä lähtevässä vedessä eivät vaihdelleet systemaattisesti. Roudattoman kauden keskimääräiset sähkönjohtavuuden arvot olivat altaaseen 1 tulevassa vedessä 6,5 mS m<sup>-1</sup> ja lähtevässä vedessä 6,2 mS m<sup>-1</sup>. Altaan 2 vastaavat arvot olivat 5,8 mS m<sup>-1</sup> ja 5,9 mS m<sup>-1</sup> sekä altaan 3 arvot 5,2 mS m<sup>-1</sup> ja 5,1 mS m<sup>-1</sup>.

Korkeimmat veden väriarvot havaittiin keskikesän alivirtaamatilanteen aikana ja alhaisimmat tulvan aikana. Roudattomana kautena altaan 1 väriarvo oli keskimäärin 735 mg Pt l<sup>-1</sup> (280-1600 mg Pt l<sup>-1</sup>) tulevassa ja 680 (260-1000 mg Pt l<sup>-1</sup>) lähtevässä vedessä. Vastaavat arvot altaassa 2 olivat 630 mg Pt l<sup>-1</sup> (270-1000 mg Pt l<sup>-1</sup>) ja 600 mg Pt l<sup>-1</sup> (260-850 mg Pt l<sup>-1</sup>) sekä altaassa 3 590 mg Pt l<sup>-1</sup> (280-1000 mg Pt l<sup>-1</sup>) ja 600 mg Pt l<sup>-1</sup> (280-900 mg Pt l<sup>-1</sup>).

## 5.5 JAUHOSUO

### 5.51 Laskeutumisolot altaassa

Jauhосуon laskeutusallas on muista poiketen hyvin kapea ja pitkänomainen eikä sen muoto virtausopillisesti tarkasteltuna ole laskeutuksen kannalta paras mahdollinen. Virtaus altaassa on turbulenttista valuman ollessa noin 20 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> tai suurempi. Mitoitussarvon suuruisen valuman aikana virtausnopeus on noin 0,03 m s<sup>-1</sup> ja viipymä noin 1,3 h. Seurantajakson aikainen pisin viipymä (18.8.1982) altaassa oli vuorokauden keskivaluman perusteella 3,2 vuorokautta. Nopeimmin vesi vaihtui 1.6.1983, jolloin teoreettinen viipymä oli 6,3 h.

## 5.52 Lietekertymä

Jauhосуon altaaseen kertynyt lietemäärä oli 16.12.1982 tehdyn mittauksen mukaan  $151 \text{ m}^3$  ja 14.9.1983 vastaavasti  $285 \text{ m}^3$ . Koska ojakaltevuus on Jauhosuolla vain 0,5 o/oo, todettiin huomattavan osan kiintoaineesta laskeutuvan jo ojaan ja altaan tulouomaan ja altaaseen saakka kulkeutunut liete oli erittäin kevyttä ja herkkäliikkeistä. Vuonna 1982 ojaan kertynyttä lietemäärää ei mitattu, mutta se oli todennäköisesti samaa suuruusluokkaa kuin vuonna 1983 eli n.  $150 \text{ m}^3$ . Ojasto puhdistettiin ensimmäisen näytteenottovuoden jälkeen, mutta allasta sen sijaan ei tyhjennetty. Tämän vuoksi vuoden 1983 todellista lietekertymää on vaikea arvioida. Todennäköistä kuitenkin on, että ainakin osa v. 1982 kertyneestä lietteestä on saattanut huuhtoutua altaasta voimakkaissa kevättulvissa. Minimikertymä olisi vuonna 1983 n.  $134 \text{ m}^3$  olettaen, että edellisen vuoden liete on pysynyt altaassa ja sen mahdollista tiivistymistä ei oteta huomioon. Taulukossa 17 on esitetty lietetutkimustulokset.

Taulukko 17. Jauhосуon laskeutusaltaan lietetutkimustulokset v. 1983.

Aika/paikka	Näytteenotto syvyys	Tiheys $\text{kg l}^{-1}$	Kuiva- ainemäärä $\text{g kg}^{-1}$	Orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta %
	m			
huhtikuu				
keskiosa	0 - 0,18	1,03	74,9	92,0
	0,18 - 0,36	1,03	51,7	89,2
	0,36 - 0,63	1,02	62,4	88,7
elokuu				
tulopää	0 - 0,20	1,01	76,4	57,2
	0,20 - 0,40	1,02	87,3	54,1
	0,40 - 0,60	1,04	104,9	46,3
marraskuu				
tulopää	0 - 0,16	1,03	101,0	83,2
	0,16 - 0,36	1,02	84,5	79,5
	0,36 - 0,56	1,02	83,4	78,3

Lietettä kertyi v. 1982 altaaseen saakka  $0,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ja vuonna 1983 vastaavasti  $0,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  jos oletetaan, että edellisvuonna altaaseen jäänyttä lietettä ei ole huuhtoutunut. Altaaseen laskevasta ojaan poistettu lietemäärä oli yhtäsuuri tai suurempi kun altaasta havaittu. Kuiva-aineksi muutettuna vuoden 1982 lietekertymä oli  $45 \text{ kg ha}^{-1}$ , mistä orgaanista ainetta oli  $40,5 \text{ kg ha}^{-1}$ . Vuonna 1983 vastaavat kertymät olivat  $56,4 \text{ kg ha}^{-1}$  ja  $37,4 \text{ kg ha}^{-1}$ .

## 5.53 Kiintoaine

Jauhосуon valumaveden kiintoainepitoisuudet olivat yleensä pieniä (taulukko 18). Alhaiset pitoisuudet johtuvat todennäköisesti ojaan vähäisestä kaltevuudesta  $0,5 \text{ o/oo}$ , tuotantotavasta ja mahdollisesti myös valumaolojen poikkeuksellisuudesta. Pienestä ojakaltevuudesta johtuen karkein osa kiintoaineesta laskeutuu jo ojiin, jolloin altaaseen tulevan veden kiintoainepitoisuus pienenee ja sen hiukkaskoko muuttuu laskeutumisen kannalta epäedulliseksi. Myös eroosiokuormituksen osuus Jauhосуon valumavedessä on ilmeisesti vähäisempi kuin muilla tutkimusalueilla, sillä kentän pinta on voimakkaasti tiivistynyt eikä palaturvekentän pintaosasta irtoa yhtä helposti huuhtoutuvaa ainetta kuin jyrksinturvealueilta.

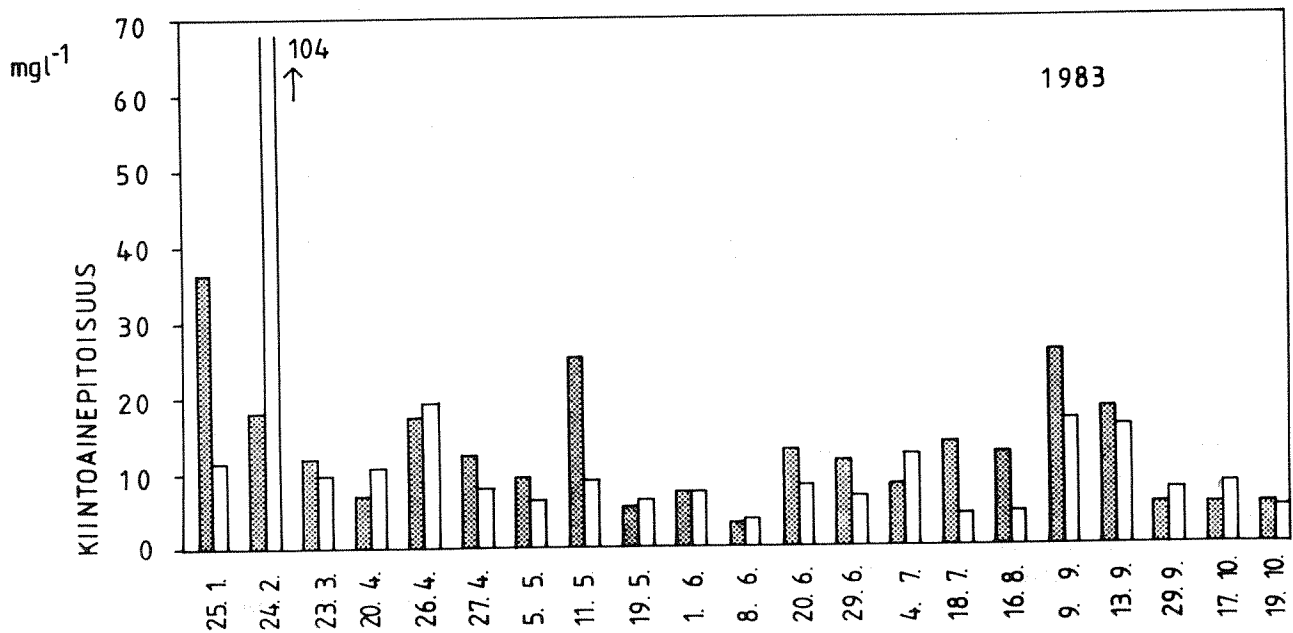
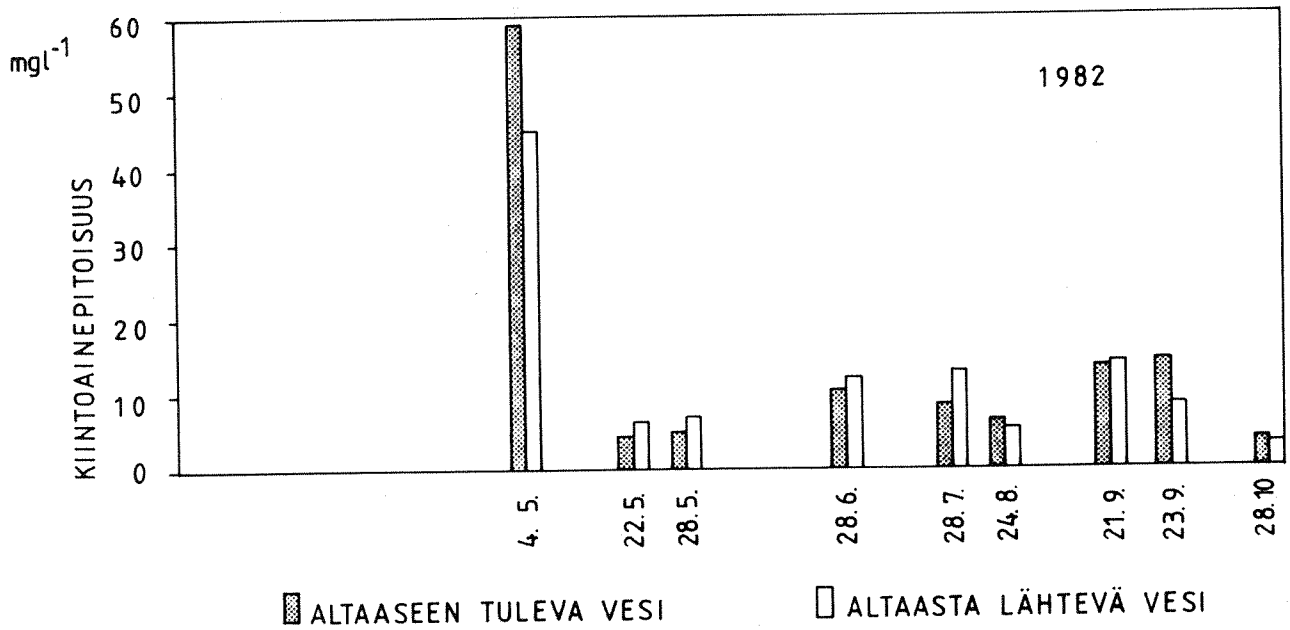
Taulukko 18. Jauhосуon valumaveden kiintoainepitoisuus tutkimusjakson 1982-1983 aikana.

Aika	Kiintoainepitoisuus mg l <sup>-1</sup>				Havain- toja t/l
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
kevät	16,2	4,8 - 59,0	13,2	6,3 - 45,3	9/9
roudaton kausi*	10,5	3,5 - 24,9	8,8	3,5 - 16,5	18/18
muu aika	22,1	11,9 - 36,2	42,1	9,8 - 104,8	3/3

\* 1.6. - 31.10. välinen aika

t = tuleva vesi

l = lähtevä vesi



Kuva 23. Jauhосуон valumaveden kiintoainepitoisuus tutkimusjakson aikana.

Allas pidätti kiintoainetta vaihtelevasti. Kiintoainepitoisuus oli lähtevässä vedessä tulevaa suurempi 14 näytteenottokerralla (näytteenottokertoja 31). Pitoisuuden alenema oli suurimmillaan 68 % ( $24,6 \text{ mg l}^{-1}$ ) ja vastaavasti pitoisuuden kasvu 480 % ( $86,7 \text{ mg l}^{-1}$ ).

#### 5.54 Ravinteet ja kemiallinen hapenkulutus

Ravinnepitoisuuksissa näkyi selvä vuodenaikaisvaihtelu. Fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforista oli kevään ja roudattoman kauden näytteissä n. 23 % ja talvinäytteissä yli 50 %. Fosfaattifosforin keskimääräinen pitoisuus oli roudattomana kautena altaaseen tulevassa vedessä  $12,2 \mu\text{g l}^{-1}$  ( $3-19,0 \mu\text{g l}^{-1}$ ) ja lähtevässä vedessä  $11,0 \mu\text{g l}^{-1}$  ( $2-17,0 \mu\text{g l}^{-1}$ ). Talvella altaaseen tulevan veden fosfaattifosforipitoisuudet kasvoivat keskimääräisen pitoisuuden ollessa  $30,7 \mu\text{g l}^{-1}$  ja lähtevässä vedessä  $39,3 \mu\text{g l}^{-1}$ . Havaintovuosien välillä ei ollut oleellisia eroja säätilan ja valumien eroavuudesta huolimatta.

Altaan vaikutus fosforikuormitukseen oli kuitenkin vähäinen poistuman ollessa keväällä ja roudattomana kautena yleensä vähemmän kuin 15 %. Pitoisuuden alenema oli suurimmillaan 23 % ( $14 \mu\text{g l}^{-1}$ ) ja vastaavasti pitoisuuden kasvu oli suurimmillaan 73 % ( $41 \mu\text{g l}^{-1}$ ).

Taulukko 19. Jauhosuon valumaveden kokonaisfosforin ja kokonaistypen pitoisuus tutkimusjakson (1982 - 1983) aikana.

Aika	Ennen allasta		Altaan jälkeen		Havain- toja
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
<u>Kokonaisfosfori,</u> $P_{\text{tot}} \mu\text{g l}^{-1}$					
kevät	36	22 - 45	35	28 - 56	9
roudaton kausi*	52	32 - 83	50	32 - 79	18
talvi	55	45 - 63	62	44 - 97	3
<u>Kokonaistyyppi,</u> $N_{\text{tot}} \text{mg l}^{-1}$					
kevät	1,8	1,3 - 2,7	1,6	1,2 - 2,0	9
roudaton kausi*	2,6	1,1 - 5,4	2,9	1,3 - 5,1	18
talvi	2,4	2,2 - 2,6	2,2	1,7 - 2,9	3

\* 1.6.-31.10. välinen aika

Kokonaistyyppipitoisuudet vaihtelivat tasaisesti koko vuoden aikana eikä selviä vuodenaikaiseroja ilmennyt. Yleensä tyyppipitoisuudet olivat melko pieniä eikä havaintovuosien välillä myöskään ollut oleellista eroa (taulukko 19).

Ammonium-, nitraatti- ja nitriittitypen osuus kokonaistypestä vaihteli hyvin paljon. Yleensä osuus oli kuitenkin yli puolet kokonaistypestä. Tyyppiyhdisteistä ammoniumtypen osuus kokonaistypestä oli keskimäärin kaksi kolmasosaa. Ammoniumtypen pitoisuus oli roudattomana kautena tulevassa vedessä keskimäärin  $1,6 \text{ mg l}^{-1}$  (vaihtelu  $0,12-2,9 \text{ mg l}^{-1}$ ) ja lähtevässä vedessä  $1,3 \text{ mg l}^{-1}$  (vaihtelu  $0,14-2,8 \text{ mg l}^{-1}$ ).

Veden kemiallinen hapenkulutus oli melko tasaista koko vuoden. Sen sijaan havaintovuosien välillä oli selvä ero, joka johtui ilmeisesti vuoden 1983 edellisvuoteen verrattuna sateisemmasta ja viileämmästä kesästä. Tällöin hajotustoiminta kentässä on ollut heikompaa ja suurempi valunta on aiheuttanut laimentumista (taulukko 20).

Taulukko 20. Jauhосуон valumaveden kemiallinen hapenkulutus.

Aika	Kemiallinen hapenkulutus, mg l <sup>-1</sup>				Havaintoja
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
1982					
kevät	28,8	25,4 - 32,1	24,6	22,9 - 27,1	3
roudaton kausi*	30,7	19,4 - 39,5	30,8	19,1 - 40,1	6
talvi 82-83	18,6	15,5 - 21,3	16,9	14,8 - 15,0	3
1983					
kevät	21,7	13,9 - 27,3	22,1	19,2 - 25,2	6
roudaton kausi*	29,3	19,8 - 46,3	29,3	21,0 - 41,7	12

\* 1.6. - 31.10. välinen aika.

Laskeutusallas pystyi pidättämään vain hyvin vähän liuennutta orgaanista ainetta. Vähennemä oli suurimmillaan 26 % eli 8,5 mg l<sup>-1</sup> ja pitoisuuden kasvu suurimmillaan 81,3 % eli 11,3 mg l<sup>-1</sup>. Roudattoman kauden näytteenottokerroilla pitoisuuden kasvu oli yleistä toisin kuin maan ollessa jäässä.

#### 5.55 Muut vedenlaatutekijät

Jauhосуon valumavedessä pH-luku oli alhaisimmillaan 5,2 huhti- ja toukokuun näytteissä. Roudattomana kautena valumaveden pH-luku vaihteli välillä 6,3-7,1. Altaalla ei ollut vaikutusta veden happamuuteen seurantajakson aikana.

Sähkönjohtavuus oli alhaisimmillaan (1,2 mS m<sup>-1</sup>) lumensulamiskautena ja roudattomana kautena johtokykyarvot olivat 3-8,4 mS m<sup>-1</sup>.

Valumaveden väriarvo oli roudattomana kautena tulevassa vedessä keskimäärin 370 mg Pt l<sup>-1</sup> ja lähtevässä vedessä 340 mg Pt l<sup>-1</sup>. Altaaseen tulevan ja sieltä lähtevän veden väriarvoissa ei yleensä ollut kovin suuria eroja.

#### 5.6 RÄISKINSUO

##### 5.61 Laskeutumisolot altaissa

Räiskinsuolla suurin todettu näytteenottoajan hetkellinen valuma oli 32 ls<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> ja tällöin altaiden mitoitusarvot olivat seuraavat:

	viipymä h	pintakuorma mh <sup>-1</sup>	virtausnopeus ms <sup>-1</sup>	Re
allas 1	7	0,14	0,04	8900
allas 2	7	0,12	0,02	4700

Altaassa 1 näytteenottoaikainen viipymä oli pisimmillään 49 h. Virtaus oli teoreettisesti täysin laminaarista kahdella näytteenottokerralla ja muulloin turbulenttisen ja täysin laminaarisen virtauksen välillä. Altaassa 2 pisin viipymä oli 48 h ja virtaus yhtä kertaa lukuunottamatta täysin laminaarista. Suurin hetkellinen seurantajakson valuma oli 120 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>. Altaan 1 viipymä oli tällöin 1,5 h, pintakuorma 0,47 mh<sup>-1</sup>, virtausnopeus 0,12 ms<sup>-1</sup> ja Re > 10000.



Koko havaintokaudella valumat olivat pieniä, joten varsinkin altaassa 2 laskeutumisolot olivat hyvät. Aineistosta tosin puuttuvat suuria virtaamia ja turbulენტtista virtausta edustavat näytteet kokonaan. Laskennalliset raja-arvot turbulენტtiselle virtaukselle olivat  $33 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  altaassa 1 ja  $76 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  altaassa 2.

### 5.62 Lietekertymät

Altaassa 1 suurin osa kiintoaineesta oli kasautunut altaan tulouoman puoleiseen päähän n. 25 m:n matkalle. Tulouoman suulle laskeutunut liete sisälsi enemmän orgaanista ainetta kuin keskeemmällä allasta oleva liete, joka oli laadultaan lähinnä savea.

Taulukko 21. Räisünsuon altaiden lietetutkimustulokset.

Aika/paikka	Syvyys	Tiheys	Kuiva- ainemäärä	Orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta
	m	kg l <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	%
allas 1				
tulopää	0 - 0,20	1,21	92,5	50,0
keskiosa	0 - 0,15	1,14	240,6	23,0
	0,15 - 0,55	1,83	668,3	2,6
allas 2				
tulopää	0 - 0,15	1,09	205,5	29,9
	0,15 - 0,30	1,20	311,0	21,7
	0,30 - 0,75	1,09	182,8	48,4
keskiosa	0 - 0,20	1,04	277,8	19,2

Altaassa 2 lietettä oli kertynyt koko pohjan alalle ja sedimentti oli myös laadultaan tasaisempaa kuin altaassa 1. Orgaanisen aineen osuus lietteestä oli alhainen ja samaa suuruusluokkaa kuin esim. Kairinevan altaan 3 lietteessä. Orgaanista ainetta oli kertynyt jonkin verran myös ylisyyksypadon pohja- ja reunakivikkoon. Lietemäärät olivat 16.9.1983 tehtyjen mittausten mukaan seuraavat:

	kokonaisker- kertymä m <sup>3</sup>	lietekertymä m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
allas 1	110	1,3
allas 2	70	2,5

Lietemäärä vuosikertymäksi laskettuna altaassa 1 oli  $473 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ja orgaanista lietettä siitä oli  $148 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Vastaavasti altaassa 2 kertymä oli  $694 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ja orgaanisen lietteen määrä  $183 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

### 5.63 Kiintoaine

Räisünsuolla altaisiin tulevan veden kiintoainepitoisuudet olivat valumiin verrattuna suuria, varsinkin saman vuorokauden aikana otetuissa erillisissä näytteissä. Suuret pitoisuudet ja niiden epätasainen jakautuminen kokooma- ja kertonäytteissä johtui kivennäismaasta, joka pieninäkin määrinä nostaa veden kiintoainepitoisuutta. Suuri ojakaltevuus mahdollistaa uomaeroosion ja ojastoon laskeutuneen lietteen kulkeutumisen.

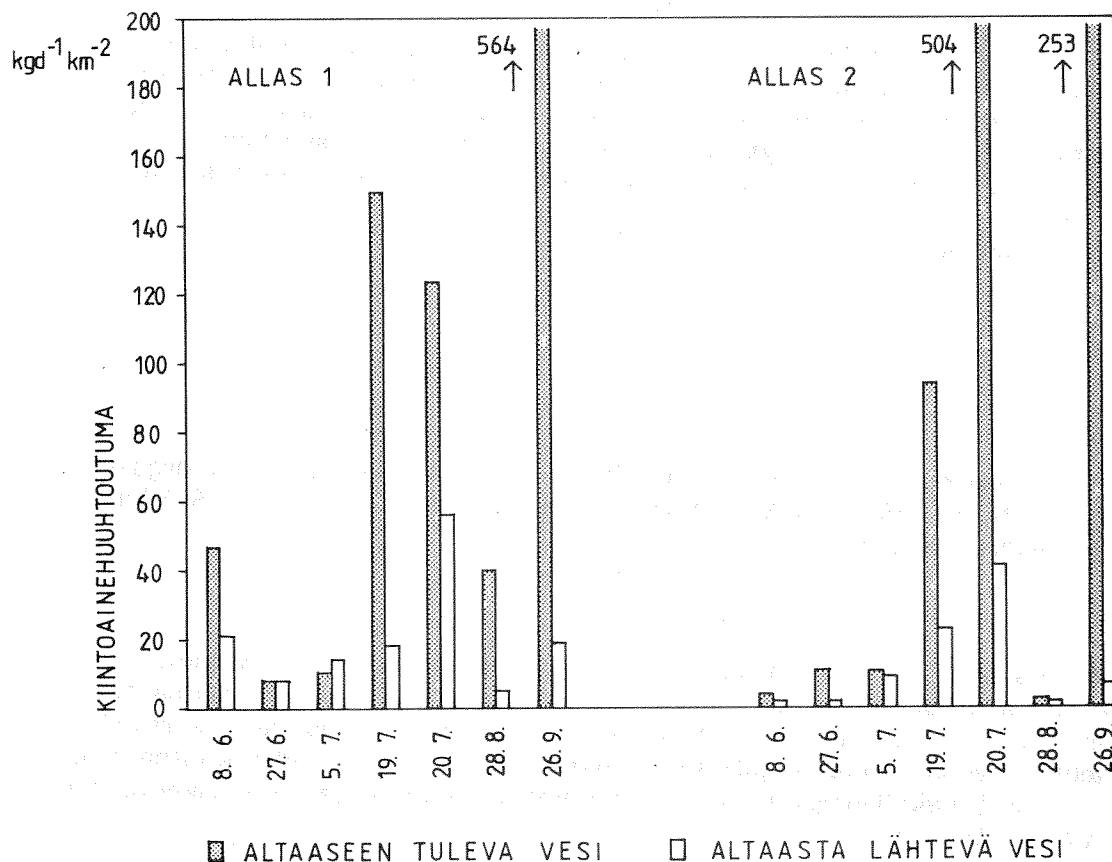
Taulukko 22. Räiskinsuon valumaveden kiintoainepitoisuudet v.1983.

Aika	Kiintoainepitoisuus mg l <sup>-1</sup>				Havaintoja
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
Allas 1					
kevät	123,6	21,9 - 259,0	26,6	12,7 - 101,0	12
roudaton kausi*	190,5	10,1 - 638,0	19,5	10,4 - 29,4	25
Allas 2					
kevät	35,3	3,9 - 151,0	24,3	5,7 - 106,0	12
roudaton kausi*	169,8	4,1 - 308,3	14,2	2,3 - 29,9	25

\* 1.6. - 31.10. välinen aika

Suurimmat pitoisuudet olivat ojien puhdistuksen aikana otetuissa näytteissä (26.9.1983). Tällöin altaan kiintoainepidätyskyky oli seurantajakson paras, yli 90 %. Altaaseen 2 tulevan veden kiintoainepitoisuus oli yleensä pienempi kuin samanaikaisesti altaaseen 1 tulevassa vedessä ja pitoisuudet roudattomankin kauden näytteissä olivat yleensä melko pieniä ojaston puhdistusajankohtaa lukuunottamatta. Kun tämä näytteenottokerta jätetään pois, on altaaseen 2 tulevan veden keskimääräinen pitoisuus 43,5 mg l<sup>-1</sup>.

Kesän voimakkain sade 17,5 mm d<sup>-1</sup> edelsi 20.7. näytteenottoa. Tällöin satoi näytteenottoaikana 2 mm. Sateen mukana altaaseen huuhtoutui kuivaa jyröstä, joka jäi pintapuomiin ja altaan 1 alasta n. neljännestä peitti kelluva turvelauta. Tällöin osanäytteiden perusteella kiintoainepitoisuus kasvoi altaaseen 1 tulevassa vedessä hetkellisen pitoisuusmaksimin ollessa 638,6 mg l<sup>-1</sup>. Altaaseen 2 tulevassa vedessä ei todettu vastaavaa pitoisuuden kasvamista.



Kuva 24. Räiskinsuon kiintoainehuuhtoutuma vuonna 1983.

Kiintoainekuorma roudattomana kautena oli altaan 1 tulevassa vedessä keskimäärin  $107,1 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja lähtevässä vedessä  $16,7 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$  reduktio 84 % (vrt. kuva 24). Altaan toimiessa parhaiten poistuma osanäytteen perusteella oli  $1008,5 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (96,1 %). Kun tulevan veden kiintoainepitoisuus oli pieni ei laskeutumista tapahtunut. Ojastoon jo kerran laskeutunut, mutta uudelleen liikkeelle lähtenyt liete pidättyi hyvin altaaseen. Kolmella näytteenottokerralla huuhtoutuma kasvoi altaassa 1 ja kasvu oli suurimmillaan  $3,4 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (35,6 %). Altaaseen 2 tulevassa vedessä keskimääräinen huuhtoutuma oli  $83 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja lähtevässä vedessä  $11,4 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (reduktio 86 %). Altaan 2 teho oli näytteenottokerroilla vaihteleva. Tulevan veden pitoisuuksien ollessa pieniä myös laskeutumistulos oli heikko tai huuhtoutuma kasvoi vaikka virtausolot altaassa olivat laskeutumiselle edulliset. Tämä johtui todennäköisesti laskeutuksen kannalta epäedullisesta hiukkaskokoosta.

Tehokkaimmillaan allas pidatti normaalivaluman aikaisista näytteistä  $461 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (92 %) ja puhdistuksen aikaisista näytteistä  $8,9 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (99 %). Kuorimitoituksen kasvu oli suurimmillaan  $11,4 \text{ kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (51 %).

Orgaanisen aineen osuus oli keväällä altaan 1 tulevassa näytevedessä 24 % ja lähtevässä 29 %. Roudattomana kautena vastaavat osuudet olivat tulevassa vedessä 77 % sekä lähtevässä vedessä 52 %. Altaaseen 2 tulevasta kiintoaineesta oli orgaanista keväällä 60 % ja roudattomana kautena yli 50 %. Lähtevässä vedessä orgaanisen aineen osuus oli yleensä hieman pienempi kuin tulevassa vedessä.

#### 5.64 Ravinteet ja kemiallinen hapenkulutus

Räiskinsuon valumavesien fosforipitoisuudet olivat varsinkin roudattomana kautena korkeita. Sekä kokonaisfosfori- että fosfaattifosforipitoisuudet olivat altaan 1 näytteissä huomattavasti, jopa 3 kertaa altaan 2 pitoisuuksia suurempia.

Taulukko 23. Räiskinsuon valumaveden kokonaisfosfori- ja fosfaattifosforipitoisuus.

Aika/Paikka	Pitoisuus $\mu\text{g l}^{-1}$				Havaintoja
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
allas 1					
kevät					
$P_{\text{tot}}$	162	97 - 260	83	65 - 103	3
$P\text{PO}_4$	14	13 - 15	13	12 - 13	3
roudaton kausi*					
$P_{\text{tot}}$	205	110 - 280	192	76 - 320	7
$P\text{PO}_4$	101	16 - 145	80	11 - 170	7
allas 2					
kevät					
$P_{\text{tot}}$	69	40 - 113	82	52 - 110	3
$P\text{PO}_4$	8	6 - 12	28	5 - 57	3
roudaton kausi*					
$P_{\text{tot}}$	115	40 - 300	92	33 - 240	7
$P\text{PO}_4$	25	1 - 90	28	6 - 110	7

Lähtevässä vedessä fosfaattifosforin osuus oli tulevaan veteen verrattuna aina suurempi, enimmillään 51 %. Roudattomana kautena suurin kokonaisfosforin kuormituksen vähenemä altaassa 1 oli  $0,072 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (36 %) ja lisäys  $0,07 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (33 %). Fosfaattifosforikuormitus väheni kokonaisfosforista poiketen lähes kaikissa roudattoman ajan näytteissä. Altaassa 2 suurin fosforikuormituksen vähenemä oli  $0,111 \text{ kg d}^{-1}$  (68,5 %) ja lisäys  $0,007 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (17,1 %). Kuormitus väheni noin puolessa näytteistä, mutta fosfaattifosforista aiheutuva kuormitus sen sijaan yleensä kasvoi. Kokonaisfosforin huuhtoutumat tutkimusjakson aikana olivat seuraavat:

	PPO <sub>4</sub> -huuhtoutuma kg d <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>	
	keskiarvo	vaihtelu
allas 1		
tuleva vesi	0,16	0,098 - 0,20
lähtevä vesi	0,16	0,062 - 0,28
allas 2		
tuleva vesi	0,12	0,034 - 0,49
lähtevä vesi	0,10	0,025 - 0,39

Kummankin altaan kokonaistyyppipitoisuutta roudattomana kautena kasvattaa 20.7. otettu näyte, jossa pitoisuus on noin kymmenkertainen muihin näytteenottokertoihin verrattuna. Tämä näyte edustaa suurinta näytteenottoaikaista valumaa ja koko kesän voimakkaimman sateen jälkeistä tilannetta. Kokonaistyyppipitoisuudesta epäorgaanisen typen osuus siitä oli keväällä n. 20-30 % ja nitraattitypen osuus oli noin kaksi kolmasosaa. Roudattomana kautena epäorgaanisen typen osuus laski vain muutamaan prosenttiin ja nitraattityppi oli edelleen vallitsevana yhdisteenä noin puolessa näytemäärästä.

Taulukko 24. Räiskinsuon valumaveden kokonaistyyppipitoisuus.

Aika/Paikka	Kokonaistyyppi N <sub>tot</sub> mg l <sup>-1</sup>				Havaintoja
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
allas 1					
kevät	2,5	1,7 - 3,1	1,9	1,2 - 2,7	3
roudaton kausi	5,3	1,2 - 20,0	5,1	0,9 - 26,0	7
allas 2					
kevät	1,7	1,3 - 2,4	1,5	1,3 - 1,8	3
roudaton kausi	8,1	0,5 - 45,0	4,1	0,4 - 22,0	7

Kokonaistypen pidäytyminen altaassa 1 oli suurimmillaan  $4,3 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (65 %) ja  $82 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (51 %) altaassa 2. Kuormituksen suurin kasvu oli altaassa 1  $9,8 \text{ kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (30 %). Allas 2 pidatti tyyppiä kaikilla näytteenottokerroilla. Altaassa 1 tyyppikuormituksen muutos oli vaihtelevaa sekä kokonaistypen että epäorgaanisen typen osalta ja altaassa 2 kokonaistyyppikuormitus pieneni lähes kaikilla tutkimuskerroilla, epäorgaanisen typen määrissä tapahtuneet muutokset sensijaan vaihtelivat näytteenottokerroittain. Näytteenottopäivien aikaiset keskimääräiset tyyppihuutoutumat olivat seuraavat:

	N <sub>tot</sub> -huuhtoutuma kg d <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>	
	keskiarvo	vaihtelu
allas 1		
tuleva vesi	6,5	0,54 - 32,8
lähtevä vesi	7,1	0,51 - 42,6
allas 2		
tuleva vesi	4,1	0,43 - 73,6
lähtevä vesi	2,0	0,31 - 36,1

Räiskinsuon laskeutusaltaat vähensivät kemiallista hapenkulutusta lähes kaikilla näytteenottokerroilla ja pidätyskyky altaassa 1 oli suurimmillaan 43 % ja altaassa 2 vastaavasti 93,3 %. Happea kuluttavien aineiden huuhtoutuma oli tutkimuspäivien keskiarvona seuraava:

		COD <sub>Mn</sub> -huuhtoutuma kg d <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>	
		keskiarvo	vaihtelu
allas 1	tuleva vesi	43,3	16,2 - 102,7
	lähtevä vesi	29,5	12,4 - 58,4
	poistuma, %	32,0	
allas 2	tuleva vesi	54,7	10,7 - 80,4
	lähtevä vesi	23,0	8,9 - 80,4
	poistuma, %	58,0	

#### 5.65 Muut vedenlaatutekijät

Koko Räiskinsuon aineistossa alin pH-luku 6,0 oli 25.4. otetussa näytteessä ja roudattomana kautena pH oli useimmiten yli 7. Tulevan ja lähtevän veden arvolla ei ollut oleellista eroa kummassakaan altaassa. Sähkönjohtavuus noudatti selvästi vuodenaikaisrytmiä, arvojen ollessa alhaisimmillaan kevättulvan aikana.

Keväällä valumaveden väriarvo oli altaan 1 tulevassa vedessä 210 mgPt l<sup>-1</sup> ja lähtevässä vedessä 200 mgPt l<sup>-1</sup>. Roudattomana kautena vesi oli selvästi tummempaa keskimääräisten väriarvojen ollessa tulevassa vedessä 330 mgPt l<sup>-1</sup> ja lähtevässä vedessä 320 mgPt l<sup>-1</sup>.

### 5.7 PORRASNEVA

#### 5.71 Laskeutumisolot altaassa

Porrasneva ojitettiin kevättalvella 1982. Valuntahavainnointi ja näytteenotto aloitettiin toukokuun alussa varsinaisen ojitusajon ja sulannan jäädessä näytteenoton ulkopuolelle. Havaintokauden alussa valunta oli vielä voimakasta, vuorokauden keskivalumien ollessa toukokuussa 35-434 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>. Altaan valuma oli mitoitusvalumaa alhaisempi ensimmäisen kerran 8.5.1982. Virtaamat olivat kuitenkin vielä lähes koko toukokuun altaan toiminnan kannalta liian suuria, sillä virtaus oli turbulanttista 20.5. asti. Turbulenttisen virtauksen laskennallinen rajavaluma oli 77 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> ja täysin laminaarista virtaus oli alle 15 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> valumilla.

Ojituksen jälkeiseltä kevätkaudelta aineistossa on vain 5.5.1982 otettu vesinäyte. Tällöin valunta vielä ylitti altaan mitoitusarvot vuorokausivaluman ollessa 360 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> ja hetkellisen vuorokauden maksimivaluman 416 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>. Altaan viipymä oli tällöin keskivirtaaman perusteella laskettuna 1,4 h, pintakuorma 1,06 ms<sup>-1</sup> ja virtaus oli turbulanttista. Muita mitoitusarvot ylittäviä valumia ei aineistossa ollut. Keväällä 1983 voimakkain sulanta ajoittuu huhtikuun alkuun, jolloin allas oli jäässä. Suurin vuorokausivaluma tänä aikana oli 261 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>. Vastaavasti roudattoman kauden suurin vuorokausivaluma 21.5.1983 oli 96 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> ja tällöin altaan viipymä oli 5,2 h, pintakuorma 0,28 mh<sup>-1</sup>, virtausnopeus 0,003 ms<sup>-1</sup> ja virtaus oli turbulanttista. Kesällä 1983 altaan teoreettinen viipymä vaihteli välillä 30-74 h ja pintakuorma 1,53-1,58 mh<sup>-1</sup> ja virtaus oli yhtä kertaa lukuunottamatta laminaarista.

Porrasnevan allas on laskeutumisominaisuuksiltaan varsin epävakaa, sillä kiintoaineen laskeutumisesta tapahtuu pääasiassa vain täysin laminaarisen virtauksen aikana. Tosin suurten valumien aikana hiukkaskooltaan karkeaa kiintoainetta näyttää myös laskeutuvan altaaseen, vaikka samanaikaisesti altaasta itsestään lähtee kivennäisainekuormitusta.

### 5.72 Lietekertymä

Altaaseen kertyneestä lietteestä otettiin sedimenttinäytteet 4.1. ja 25.11.1983 ja lietemäärä ( $32 \text{ m}^3$ ) mitattiin lokakuussa 1983. Vuoden 1982 kertymästä ei ole mittaustuloksia, mutta sedimenttinäytteiden perusteella kertymä on todennäköisesti ollut n.  $20 \text{ m}^3$ . Allasta ei tyhjennetty havaintovuosien välillä, joten ensimmäisen vuoden aikana laskeutunut aines on todennäköisesti osaksi huuhtoutunut tulvan mukana. Lietetutkimustulokset on esitetty taulukossa 25.

Taulukko 25. Porrasnevan laskeutusaltaan lietetutkimustulokset v. 1983.

Aika/paikka	Tiheys	Kuiva- ainemäärä	Orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta %
	kg l <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	
tammikuu			
tulopää	1,07	170,3	11,2
keskiosa	1,05	135,3	20,0
lähtöpää	1,07	133,3	23,0
marraskuu			
tulopää	1,04	55,2	25,0
lähtöpää	1,02	82,3	18,0

Lietekertymä on hyvin pieni, kuiva-aineeksi muutettuna laskeutuneen aineen määrä vuonna 1983 oli 2,3 t eli  $32 \text{ kg ha}^{-1}$ , ja orgaanista ainetta oli tästä n.  $6,8 \text{ kg ha}^{-1}$  (21 %). Epäorgaanisen aineen suuri osuus kokonaiskertymästä johtuu altaan seinämien sortumisesta ja liettymisestä veteen.

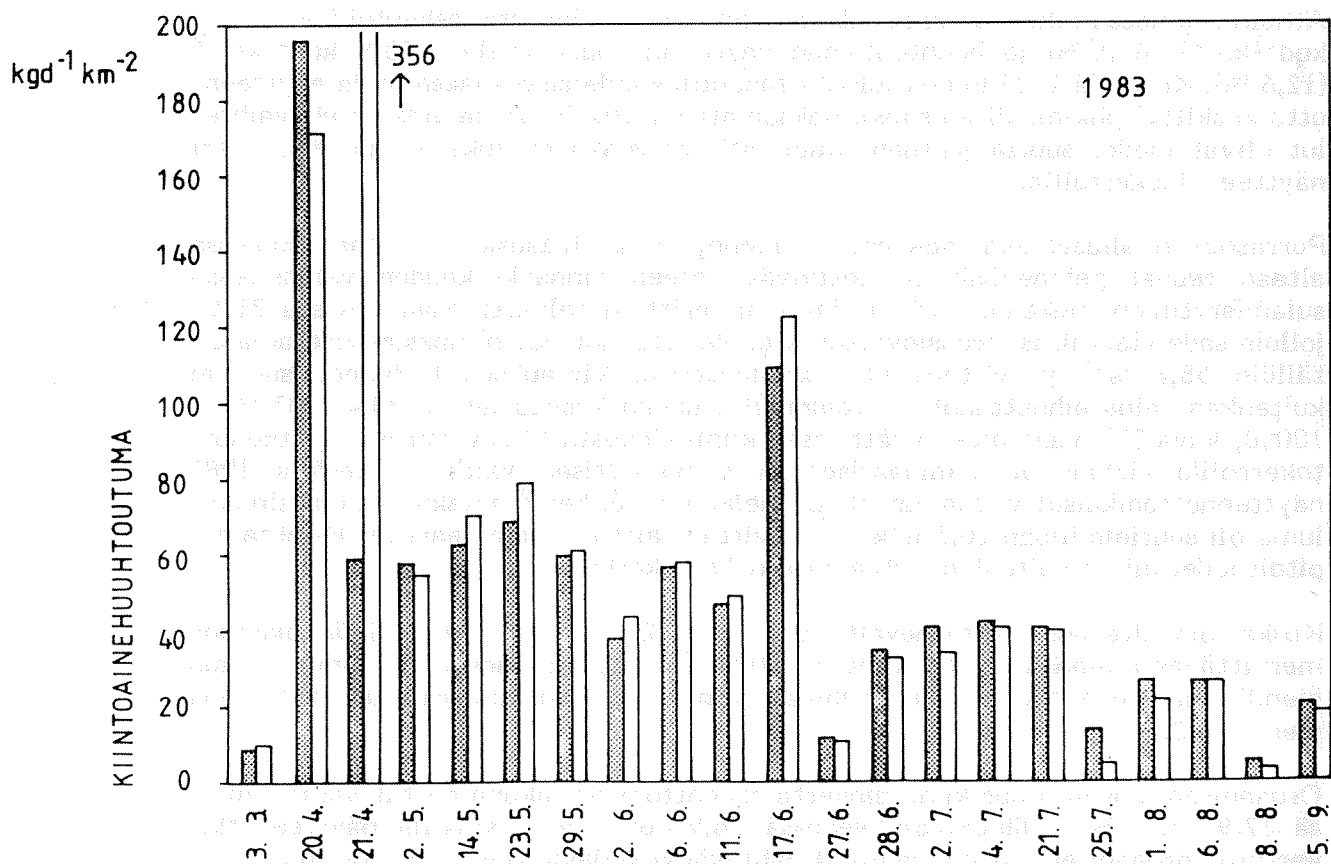
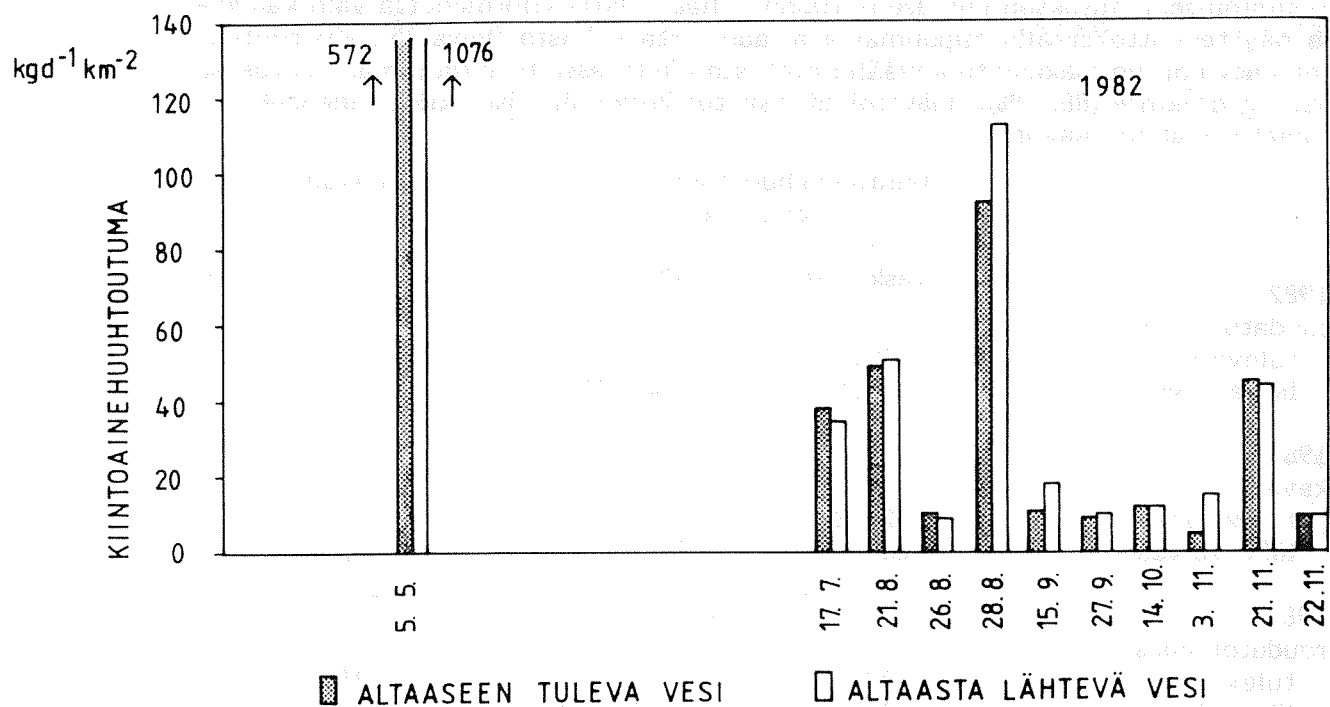
### 5.73 Kiintoaine

Pitoisuudet olivat pienimmillään talvella ja keväällä. Roudattomana kautena kiintoainepitoisuuden ja valunnan välillä ei todettu selvää riippuvuutta ja kiintoainepitoisuudet vaihtelivat taulukon 26 mukaisesti.

Taulukko 26. Porrasnevan valumaveden kiintoainepitoisuus.

Aika/Paikka	Kiintoainepitoisuus mg l <sup>-1</sup>				Havaintoja
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
1982					
kevät	18,4		34,6		1
roudaton kausi*	26,2	6,1 - 55,3	30,0	9,7 - 56,7	8
syksy-talvi	5,3	1,6 - 15,5	7,5	3,4 - 15,2	2
1983					
kevät	13,7	5,9 - 20,8	31,5	7,8 - 45,8	2
roudaton kausi*	29,1	8,3 - 50,5	27,6	7,8 - 47,8	19

\* Roudaton kausi 1.5. - 31.10



Kuva 25. Porrasnevan kiintoainehuuhtoutuma vuosina 1982 ja 1983.

Ensimmäisenä ojituksen jälkeisenä vuonna allas pidätti kiintoainetta vain kahdella näytteenottokerralla riippumatta altaan virtausoloista (kuva 25). Kuormituksen kasvu oli voimakkainta keväällä otetussa näytteessä huuhtoutuman kasvaessa  $502 \text{ kg d}^{-1}\text{km}^{-2}$  (88,1 %). Näytteistä lasketut keskimääräiset kiintoainehuuhtoutumat olivat seuraavat:

	kiintoainehuuhtoutuma $\text{kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$		havaintoja
	keskiarvo	vaihtelu	
1982			
roudaton kausi			
tuleva vesi	99,3	8,6 - 572,3	8
lähtevä vesi	165,5	9,4 - 1076,3	8
1983			
kevät			
tuleva vesi	128,2	59,7 - 196,7	2
lähtevä vesi	263,6	171,7 - 355,6	2
1983			
roudaton kausi			
tuleva vesi	43,1	5,9 - 110,1	18
lähtevä vesi	43,7	4,0 - 124,0	18

Altaan toimiessa tehokkaimmin tulevan veden kiintoaineesta laskeutui  $9,6 \text{ kgd}^{-1}\text{km}^{-2}$  (62,6 %) ja huuhtoutuman kasvu oli suurimmillaan  $13,9 \text{ kgd}^{-1}\text{km}^{-2}$  (12,6 %). Keväällä 1983 lumen sulanta tapahtui kahdessa eri jaksossa ja näytteenotto keskittyi jälkimmäisen sulantajakson ajalle. Pitoisuus- ja pidätystehovaihtelut olivat melko suuria johtuen ilmeisesti eroosiokuormituksen vaihtelusta eri näytteenottokerroilla.

Porrasnevan allasalueen maaperä on hienojakoista hiesusavea. Maan sulaessa altaan reunat pehmenivät ja liettyivät veteen pinnankorkeuden vaihdelleessa sulamisrytmien mukaan. Tämä ilmiö oli erittäin selvästi havaittavissa 21.4., jolloin sade vielä lisäsi eroosiovaikutusta. Näytteenottoajan maksimivirtaama oli tällöin  $58,8 \text{ ls}^{-1}$  ja virtaus oli turbulenttista. Virtauksen turbulenttisuus ei kuitenkaan aina aiheuttanut kiintoainepitoisuuden kasvua (esim. 20.4.1983  $\text{Re} > 10000$ , kuva 25), vaan allas pidätti osan kiintoaineesta. Kevätkauden näytteenotkerroilla virtaus oli laminaarisen ja turbulenttisen välillä. Kesällä 1983 näytteenottoaikaiset virtaamat olivat melko pieniä, heinä-syyskuussa maksimivaluma oli suurimmillaan  $10,3 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$  ja virtaus altaassa laminaarista. Kiintoainepitoisuudet olivat kuitenkin virtaamaan nähden korkeita.

Koska ojakaltevuus Porrasnevalla on suuri (2 o/oo) ei kertymistä ojastoon merkittävästi tapahdu. Näytteet on otettu pääasiassa sadepäivinä, mutta näin pienillä sademäärillä ei ollut tulevan veden kiintoainepitoisuutta säätelevää merkitystä.

Orgaanisen aineen osuus kiintoaineesta roudattomana aikana oli tulevassa vedessä 17,9 - 52,8 % ja lähtevässä vedessä 28,9 - 65,6 %. Kaikilla näytteenotkerroilla orgaanisen aineen määrä oli lähtevässä vedessä tulevaa suurempi.

#### 5.74 Ravinteet ja kemiallinen hapenkulutus

Fosforipitoisuuksissa ilmeni selvä vuodenaikavaihtelu (taulukko 27). Pitoisuus ei kuitenkaan ollut selvästi valunnasta riippuvainen, vaikkakin vuoden 1983 alivaluman aikana otetuissa näytteissä pitoisuudet keskimäärin olivat suurempia kuin muissa näytteissä.



Taulukko 27. Porrasnevan valumaveden kokonaisfosforipitoisuus tutkimusjakson 1982 - 1983 aikana.

Aika/Paikka	Fosforipitoisuus $P_{tot}$ $\mu\text{g l}^{-1}$				Havaintoja
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
1982					
kevät	34	24 - 45	93	29 - 93	1
roudaton kausi*	46	24 - 107	51	26 - 94	10
muu aika					
1982 - 1983	34	24 - 51	38	25 - 64	7
1983					
kevät	26	-	34	-	1
roudaton kausi	44	19 - 66	49	22 - 73	19

\*) 1.5. - 31.10. välinen aika

Fosfaattifosforin pitoisuuksissa ei ollut havaittavissa vuodenaikavaihtelua eikä myöskään eroa ensimmäisen ja toisen ojituksen jälkeisen vuoden välillä. Tulevan veden keskimääräinen fosfaattifosforipitoisuus oli  $9,9 \mu\text{g l}^{-1}$  (vaihtelu  $2-27 \mu\text{g l}^{-1}$ ) ja lähtevän veden pitoisuus  $11,1 \mu\text{g l}^{-1}$  (vaihtelu  $1-30 \mu\text{g l}^{-1}$ ). Roudattomana kautena altaassa tapahtuva hajotustoiminta on ilmeisesti tärkein fosforipitoisuuden kasvuun vaikuttava tekijä eikä pitoisuus selvästi vaihdellut kiintoainepitoisuuden mukaan. Kokonaisfosforin ( $P_{tot}$ ) keskimääräiset huuhtoutumat näytteenottoaikana olivat seuraavat:

	kokonaisfosforin huuhtoutuma $\text{kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$		havaintoja
	keskiarvo	vaihtelu	
1982			
roudaton kausi			
tuleva vesi	0,29	0,02 - 1,40	10
lähtevä vesi	0,39	0,02 - 1,99	10
1983			
kevät			
tuleva vesi	0,26		1
lähtevä vesi	0,34		1
1983			
roudaton kausi			
tuleva vesi	0,06	0,014 - 0,13	18
lähtevä vesi	0,07	0,023 - 0,25	18

Alhaisimmat typpipitoisuudet todettiin keväällä sulamisvesien aikaan, mutta roudattoman kauden pitoisuus ei ollut valunnasta riippuvainen. Myös typpikuormitus kasvoi valumaveden kulkiessa altaan kautta. Ammonium-, nitraatti- ja nitriittitypen osuus kokonaistypen määrästä oli 35-81 % eikä tulevan ja lähtevän veden välillä ei ollut systemaattista eroa. Ammoniumtypen osuus epäorgaanisesta tyyppistä oli yleensä yli 90 % ja kokonaistyyppistä n. 45 %. Näytteenottoaikaiset keskimääräiset typpipitoisuudet on esitetty taulukossa 28.

Taulukko 28. Porrasnevan valumaveden kokonaistyyppipitoisuus tutkimusjakson 1982 - 1983 aikana.

Aika/Paikka	Kokonaistyyppipitoisuus mg l <sup>-1</sup>				Havaintoja
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
1982					
kevät	0,6	0,5 - 1,2	0,6	0,6 - 1,4	1
roudaton kausi*	1,7	0,5 - 2,6	1,8	0,7 - 2,6	10
muu aika	1,8	1,4 - 2,2	1,9	1,7 - 2,4	7
1983					
kevät	0,8	0,7 - 0,9	0,7	0,6 - 0,8	2
roudaton kausi*	0,7	0,9 - 2,8	1,6	0,8 - 2,8	19

\* 1.5. - 31.10. välinen aika.

Ensimmäisenä ojituksen jälkeisenä vuonna typpikuormitus oli yleensä lähtevässä vedessä suurempi kuin tulevassa, mutta toisena vuonna allas pidatti tyypeä yhdellätoista (11/22) näytteenottokerralla. Ammoniumtypen huuhtoutuminen ja siinä altaan vaikutuksesta tapahtuneet muutokset eivät riippuneet kokonaistyyppistä. Ero oli selvin kevään näytteissä, joissa ammoniumtypen huuhtoutuma kasvoi samanaikaisesti kokonaistyyppihuuhtoutuman pienentyessä. Kevätvalunnan aikana typpikuormituksen kasvu oli suurimmillaan 6,1 kgd<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup> (37 %) ja roudattomana kautena vastaavasti 0,86 kgd<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup> (20 %). Altaan pidätysteho oli suurimmillaan 1,6 kgd<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup> (19,3 %) koko havaintojakson aikana. Näytteenottoaikaiset keskimääräiset kokonaistypen huuhtoutumat olivat seuraavat:

	kokonaistyyppihuuhtoutuma kg d <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>		havaintoja
	keskiarvo	vaihtelu	
1982			
roudaton kausi			
tuleva vesi	7,6	1,1 - 37,6	10
lähtevä vesi	8,8	1,2 - 43,6	10
1983			
kevät			
tuleva vesi	7,1	5,3 - 8,9	2
lähtevä vesi	6,4	4,3 - 8,4	2
1983			
roudaton kausi			
tuleva vesi	2,6	1,2 - 8,1	18
lähtevä vesi	2,4	1,2 - 4,1	18

Happea kuluttavien aineiden määrä ensimmäisenä ojituksen jälkeisenä keväänä poikkesi selvästi muusta näytteenottoajasta. Pitoisuudet olivat tällöin koko havaintoajan pienimmät ja huomattavasti pienemmät kuin keväällä 1983 (taulukko 29). Selvää valuntariippuvuutta ei ollut havaittavissa tämän aineiston perusteella.

Taulukko 29. Porrasnevan valumaveden kemiallisesti happea kuluttavien aineiden (COD<sub>Mn</sub>) määrä.

Aika/Paikka	Kemiallinen hapenkulutus, mg l <sup>-1</sup>				Havaintoja
	tuleva vesi		lähtevä vesi		
	keskiarvo	vaihtelu	keskiarvo	vaihtelu	
1982					
kevät	54,9	-	56,0	54,4 - 67,2	1
roudaton kausi*	95,2	46,4 - 148,8	95,8	54,4 - 148,8	10
muu aika	88,2	80,0 - 107,2	86,6	80,0 - 94,4	7
1983					
kevät	79,2	64,0 - 94,4	75,2	56,0 - 94,4	2
roudaton kausi	100,1	78,4 - 118,4	100,2	78,4 - 124,8	19

\* 1.5. - 31.10. välinen aika.

Porrasnevan COD<sub>Mn</sub>-huuhtoutuma roudattomana kautena oli yleensä suurempi kuin kiintoainehuuhtoutuma. Erot olivat selvemmät talven aikana. Allas vaikutti orgaanisen aineen kuormitukseen melko vähän ja muutos oli yleensä alle 10 %. COD<sub>Mn</sub>-huuhtoutuman keskimääräinen arvo oli näytteenottopäivinä seuraava:

	COD <sub>Mn</sub> -huuhtoutuma kg d <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>		Havaintoja
	keskiarvo	vaihtelu	
1982			
roudaton kausi			
tuleva vesi	473,7	57,3 - 1961,7	10
lähtevä vesi	482,4	55,4 - 1755,1	10
1983			
kevät			
tuleva vesi	719,7	496,9 - 942,6	2
lähtevä vesi	688,6	434,7 - 941,9	2
1983			
roudaton kausi			
tuleva vesi	189,0	64,3 - 552,6	18
lähtevä vesi	188,4	57,3 - 552,6	18
muu aika			
tuleva vesi	189,9	125,4 - 257,4	4
lähtevä vesi	184,8	125,4 - 257,4	4

## 5.75 Muut vedenlaatutekijät

Porrasnevan valumaveden pH on tulva-aikana ollut keskimäärin 5,2 ja koko aineistossa alhaisin arvo oli 4,6. Roudattomana kautena keskimääräinen veden pH-luku oli 6,2 ja tulevan sekä lähtevän veden arvoissa ei yleensä ollut suuria eroja. Myöskään havaintovuosien välillä ei ollut selvää eroa.

Veden sähkönjohtavuus noudatti samaa vuodenaikavaihtelua kuin happamuus. Kevään näytteissä keskimääräinen johtokyky oli  $3,0 \text{ mS m}^{-1}$  ja roudattoman kauden näytteissä  $5,5 \text{ mS m}^{-1}$  vaihteluvälin ollessa  $3,4 - 9,7 \text{ mS m}^{-1}$ . Altaassa tapahtuneet muutokset olivat vähäisiä.

Väritään Porrasnevan valumavesi oli varsinkin roudattomana kautena tummaa. Tulevan veden väriarvo oli keskimäärin  $500 \text{ mgPt l}^{-1}$  ja lähtevän veden keskimäärin  $530 \text{ mgPt l}^{-1}$ .

## 6. TULOSTEN TARKASTELUA

### 6.1 LASKEUTUSALTAIDEN OMINAISUUDET KIINTOAINEN PIDÄTTÄJINÄ

Altaaseen kertynyt lietemäärä on selvästi kasvanut valuma-alueen koon pienentyessä ja lietekertymien perusteella altaat asettuvat lähes samaan järjestykseen kuin virtausolojenkin mukaan. Sekä orgaanisen lietteen määrä että kokonaislietemäärä valuma-aluehehtaaria kohti oli Koihnannevilla huomattavasti suurempi kuin muilla alueilla. Räiskinsuon altaissa ja Kairinevan altaassa 3 oli lietekertymästä huomattava määrä kivennäisainetta. Mittausten ja sedimenttitutkimusten mukaan lietekertymät altaissa olivat taulukon 30 mukaiset.

Taulukko 30. Laskeutusaltaiden laskennalliset lietekertymät vuosien 1982 - 1983 aikana.

Alue	Valuma- alue ha	Kaltevuus o/oo	Lietekertymä		Orgaanista lietettä $\text{tha}^{-1}\text{a}^{-1}$
			tilavuus $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{a}^{-1}$	massa $\text{tha}^{-1}\text{a}^{-1}$	
Koihnanneva	38	1,9	6,2	0,30	0,23
Kairineva					
Allas 1	350	1,7	0,9	0,03	0,02
Allas 2	200	2,1	0,6	0,06	0,03
Allas 3	70	2,1	2,0	0,29	0,09
Jauhoso	217	0,5	0,7	0,06	0,04
Räiskinsuo					
Allas 1	86	2,0	1,3	0,47	0,15
Allas 2	28	2,0	2,5	0,69	0,18
Porrasneva ojitusalue	70	2,0	0,5	0,03	0,01

Lähes kaikissa altaissa tapahtui reunojen sortumista ja syöpymistä, koska kaikki altaat oli kaivettu osaksi kivennäismaahan. Selvimmin tämä ilmiö havaittiin Kairinevan altaassa 3 ja Porrasnevan altaassa. Altaiden sivukaltevuutta loiventamalla voitaisiin vähentää seinämiin kohdistuvaa eroosiota ja samalla parantaa myös teoreettisia laskeutumisominaisuuksia. Tutkituissa altaissa käytetyt suunnitelman mukaiset kaltevuudet vaihtelivat 1:0,5-1:1,5. Jyrkin suunnitelman mukainen sivukaltevuus oli Porrasnevalla. Siellä allas olikin toiselta reunalta pahasti sortunut. Teoreettisten mitoitusarvojen mukaan Porrasnevan altaan laskeutumisominaisuudet eivät ole oleellisesti huonommat kuin muissa altaissa, mutta altaan seinämien romahtaminen on muuttanut täysin altaan muotoa ja tämä heijastuu laskeutumistehokkuuteen. Syöpymistä aiheuttivat vesimäärän vaihtelut sekä jään ja lumisohjon liikkeet sulamisaikana. Altaasta irtoavan kuormituksen vaikutus näkyi selvimminkin kevättulvan aikana, jolloin veden pinnan korkeus vaihteli voimakkaasti jopa vuorokauden aikana.

Altaan toiminnan kannalta osoittautui tärkeäksi, että tulo-oja ja yleensä koko ojaston kaltevuus on mahdollisimman alhainen. Tällöin vesimäärien äkillinen lisäys ei syövytä ojastoja ja kuljeta mukanaan eroosion irrottamaa ainesta. Valvontaohjeen (Vesihallitus 1982) esittämää kaltevuutta 1,5 o/oo ei pitäisi ylittää. Jauhосуон alueella ojaston kaltevuus oli 0,5 o/oo ja siellä ojiin jäänyt lietemäärä oli huomattava, sillä jo altaan tulo-ojaan oli v. 1983 jäänyt yhtä suuri määrä lietettä kuin varsinaiseen altaaseen. Ojaston lietteenpidätyksestä johtuen varsinaiseen Jauhосуон altaaseen tuleva liete oli erittäin herkkäliikkeistä, koska karkeampi aines oli laskeutunut jo ennen allasta.

Koihnannevan allas pidatti selvästi eniten orgaanista lietettä. Todennäköisesti altaan levenevä muoto sekä pieni valuma-alue olivat laskeutumisen kannalta hyviä ominaisuuksia, sillä virtaussuunnassa levenevä muoto hidastaa virtausnopeutta. Altaassa oleva pohjapato ei välttämättä vaikuttanut lietemääriä lisäävästi. Alhaisten vesimäärien aikana pohjapato saattaa tehostaa laskeutumista, mutta vesimäärien kasvaessa se voi hidastaa hiukkasten laskeutuvuutta aiheuttamalla pyörteisyyttä pohjan läheisissä vesikerroksissa.

Kairinevan leveä ja suurikokoinen allas osoittautui käytännössä huonoksi ratkaisuksi, vaikka altaan leveys Reynoldsin luvun perusteella teoreettisesti tarkasteltuna parantaakin virtausopillisia laskeutumisominaisuuksia. Toiminnan kannalta altaaseen tulevat kokonaisvesimäärät ja niiden äkilliset vaihtelut ovat kuitenkin ratkaisevia. Allas oli nykyisiin mitoitusohjeisiin verrattuna hieman alimitoitettu, mutta pinta-alamitoitusta kasvattamalla ei todennäköisesti olisi voitu ratkaista parantaa tämän altaan toimintaa. Valuma-alueen suuren koon vuoksi altaaseen tulevat vesimäärät olivat ajoittain liian suuria ja tämä ilmiö esim. tulvan aikana aiheutti ajoittaista voimakasta turbulenssia altaaseen. Tällöin vain hyvin suurikokoiset ja raskaat hiukkaset pystyivät laskeutumaan altaassa ja hienojakoista aikaisemmin laskeutunutta lietettä saattoi samanaikaisesti lähteä uudelleen liikkeelle. Myös altaan puhdistuksen kannalta leveä allastyypin on hankala, sillä sen puhdistaminen voidaan tehdä vain erikoiskalustolla. Altaan toimivuutta olisi voitu parantaa vähentämällä kokonaisvesimäärää, eli pienentämällä valuma-aluetta allasyksikköä kohti.

Pintapuomin tarpeellisuus jyrksinturvekentillä todettiin kesän 1983 aikana. Parhaana esimerkkinä tästä oli Räiskinsuo, jossa äkillisen sateen todettiin kuljetaneen kevyttä jyröstä laskeutusaltaaseen. Jyrksinturvelautta pysyi puomin rajoittamassa altaan osassa ja painui hiljalleen pohjaan. Pintavalunnalle alttiilla alueilla pintapuomin käyttö on tärkeää. Puomirakennelma ei saa päästää kiintoainekertymää aaltoliikkeen mukana puomin yli tai ali. Puomi ei saa ulottua yli 0,5 m:n syvyyteen, sillä muuten se vaikuttaa haitallisesti laskeutusoloihin. Materiaalina kellukkeilla varustettu pressukangas tai suodatinkangas osoittautui käytökelpoiseksi.

## 6.2. ALTAIDEN MITOITUKSEN SOVELTUVUUS KÄYTÄNTÖÖN

Käytössä oleva mitoitusvaluma  $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ei tämän tutkimuksen mukaan vaikuta tarkoituksenmukaiselle, sillä mitoitusvaluma ylittyi tulva-ajan ulkopuolella hyvin harvoin kuten liitteistä 4-12 ilmenee. Toisaalta altaat ovat toimintakuntoisia vasta jääpeitteen sulamisen jälkeen ja sen vuoksi mitoituksen valitseminen lumensulamiskauden mukaan tuntuu epätarkoituksenmukaiselle, koska Sallantauksen (1983) mukaan vesistövaikutusten kannalta ratkaisevia ovat kesä- ja syysylivalumat. Tutkimusvuosina roudattoman kauden sadannat vastaavat alueilla todettuja sadannan pitkäaikaiskeskiarvoja (kuva 19), joten tutkimusjakson aikaista valumatilannetta voidaan pitää lähes normaalina. Mikäli roudattoman kauden ajalle sattuu poikkeuksellisen voimakkaita sateita, on niiden aikaista vesimäärää mahdollista pidättää ojastoon tehostamalla ojien pidätyskykyä.

Nykyisten ohjeiden mukaiset altaat osoittautuivat tämän tutkimuksen mukaan roudattomana aikana havaittuihin virtaamiin nähden liian suuriksi ja veden vaihtuvuus niissä alivaluman aikana on heikkoa. Pitkän viipymän aikana biologinen hajotustoiminta altaassa voimistuu ja sen seurauksena kiintoaineeseen sitoutuneet ravinteet vapautuvat ellei allasta pystytä säännöllisesti puhdistamaan. Vesinäytteissä voimakas hajotustoiminta lämpimässä ja ajoittain lähes seisovassa vedessä ilmeni valumaveden ravinnepitoisuuden kasvuna myös silloin, kun allas pidatti kiintoainetta. Pitkän poutajakson aikana liete tällaisissa allastyypeissä saattaa joutua täysin hapettomaan tilaan. Tällaisesta ilmiöstä oli esimerkkinä Koivunnevan allas heinäkuussa 1983, jolloin altaan veden laatua ja happitilannetta seurattiin ympäri vuorokauden. Tällöin pohjalietteestä pitkän sateettoman kauden aikana nousi hapettomia oloja ilmaisevia kaasukuplia nostaen mukanaan pieniä turvelauttoja altaan pintaan. Vedestä samanaikaisesti mitattu hetkellinen klorofylli a:n pitoisuus oli hyvin korkea ja myös kasviplanktonanalyyysien perusteella lajisto kuvasti runsasravinteisuutta. Vedessä happitilanne oli kuitenkin päivällä melko hyvä ( $6,5 \text{ mg l}^{-1}$ ) voimakkaan perustuotannon johdosta. Alhaisin veden happipitoisuus ( $2,5 \text{ mg l}^{-1}$ ) todettiin aamupäivän aikana. Syksyllä otetussa liete-kerroksessa näkyi myös selvä tumma kerros, joka kuvasti ajoittaista alhaista happipitoisuutta lietteessä.

Tutkitut altaat osoittautuivat kevättulvan aikaisille vesimäärille liian pieniksi ja yleensäkin lumensulamisaikaisten vesimäärien allastaminen osoittautui käytännössä lähes mahdottomaksi. Irlannissa altaat rakennetaan ympäri vuoden toimiviksi, mutta heidän ilmasto-olonsa eivät ole verrattavissa Suomen oloihin varsinaisen talven ja lumensulamiskauden puuttumisen vuoksi (Hannon ja Coffey 1984). Neuvostoliitossa taas lumensulamisaikaiset vedet ohjataan jäisen altaan ohitse (Largin ja Lavrov 1983). Tulvan aikainen kiintoaineen pidättyminen ei yleensä tapahdu laskeutumalla, vaan vedenpinnan vaihtelujen aikana kiintoainetta tarttuu lumeen ja jäähän. Allas on tulvahuipun aikana vielä jäässä ja pääosa vedestä kulkeutuu altaan pinnalla olevan jään ylitse. Samanaikaisesti jään alta kulkeutuvan veden suuren virtausnopeuden vuoksi altaan pohjalle laskeutunutta lietettä saattaa lähteä liikkeelle. Myös tulva-aikainen veden ja jääsohjon aiheuttama paine rikkoo altaan patorakenteita ja samalla irrottaa kiintoainetta altaan seinämistä. Tämän vuoksi veden johtaminen nykyisiin altaisiin kevättulvan aikana aiheuttaa ajoittain lisääntyvää kuormitusta. Olisikin järkevää tehostaa tulva-aikaisen kiintoaineen pidättymistä ojastoon ja ehkäistä vesiensuojelurakenteiden itsensä aiheuttamaa kuormitusta. Selvimpänä esimerkkinä tästä on Porrasnevan laskeutusallas. Tilannetta voitaisiin korjata suunnittelemalla erilliset laskeutusaltaat vain roudattoman kauden käyttöä varten ja ohjaamalla lumensulamisaikana valumavedet altaan ohitse. Tällöin tulva-aikainen kiintoaineen pidätys voidaan toteuttaa tehostamalla ojaston pidätyskykyä.

Tarkasteltaessa altaiden mitoitusarvoja Reynoldsin luvun perusteella voidaan todeta, että tutkimuksessa olevien altaiden virtaus on turbulентtista mitoitusvalumaa huomattavasti pienemmillä valumanarvoilla.

turbulenttisen virtauksen  
valumanarvo,  $l\ s^{-1}\ km^{-2}$

Koihnanneva	74 - 100
Kairineva,	
allas 1	36
allas 2	31
allas 3	51
Jauhosuo	20
Räiskinsuo,	
allas 1	33
allas 2	76
Porrasneva	77

Havaintojen mukaan esim. Koihnannevilla hetkellinen valuma oli turbulenttista valumanarvoa eli  $100\ l\ s^{-1}\ km^{-2}$  suurempi roudattomien seurantajaksojen aikana yhteensä kymmenen kertaa ( $10/306\ vrk$ , 3 %). Räiskinsuon altaassa 1 turbulenssin ylittäviä yli  $33\ l\ s^{-1}\ km^{-2}$  olevia valumanarvoja esiintyi suhteessa useimmin ja hetkellinen valumanarvo oli yli tämän arvon 14 kertaa seurantajakson aikana ( $14/125\ vrk$ , 11 %). Sallantaus (1983) on korostanut turvetuotantoalueilta tulevan kuormituksen voimakasta keskittymistä rankkasateiden aikaisten huippuvalumien yhteyteen. Tämän vuoksi pelkästään virtaamien perusteella altaiden mitoittaminen suurille vesimäärille on perusteltua. Virtaamien kasvaessa yhä suurempia ja helpommin laskeutuvia hiukkasia kulkeutuu veden mukana ja tämän vuoksi poistumaprosentit yleensä ensin paranevat kiintoainepitoisuuden kasvaessa tiettyyn rajaan saakka. Huuhtoutumisherkkyys riippuu altaan virtauksen turbulenssin voimakkuudesta ja laskeutuneen lietteen laadusta ja tiivistymisestä. Huuhtoutumista ei tapahdu välittömästi virtauksen ylitettyä teoreettisesti tarkastellun turbulenttisen virtauksen rajan, vaan silloin kun virtaus on voimakkaasti turbulenttista. Laskeutusaltaan toimivuutta kevättulvan ja kesäaikaisten rankkasateiden aikana ei voi verrata keskenään.

Tutkituissa altaissa turbulenssin ylittävät valumat olivat vain  $1/5 - 1/3$  mitoitusvalumasta eli mitoitusvaluman suuruisen virtaamien aikana altaiden virtaus oli jo voimakkaasti turbulenttista. Laskeutusolojen tehostaminen näissä altaissa edellyttäisi veden pidättämistä ojastoon ja roudattoman jakson virtaamamäärien tasaamista. Altaiden mitoittaminen liian suuriksi yksiköiksi aiheuttaa myös veden viipymän kasvua alivalumatilanteessa ja toisaalta vaikeuttaa altaiden puhdistusta.

Turbulenttisen virtauksen raja-arvoja tarkasteltaessa voidaan todeta, että altaan muodolla on vaikutusta toimivuuteen. Virtaussuunnassa levenevä ja syvenevä muoto pienentää virtausnopeutta, parantaa laskeutumisoloja ja vaikuttaa virtauksen laminaarisuuteen Reynoldsin luvun perusteella tarkasteltuna. Allas ei saa myöskään olla poikkileikkaukseen nähden tilavuudeltaan liian suuri. Esim. tilavuuden ja märkäpiirin suhde oli edullisin Räiskinsuon altaassa 2 (43) ja selvästi liian suuri Kairinevan altaassa 1 ( $> 200$ ) ja Jauhosuon altaassa ( $> 200$ ). Altaan poikkileikkauksen muodon olisi syytä olla kolmiomainen puolisuunnikas ja sivuluiskien kaltevuuden vähintään  $1:1,5$ . Altaan maksimileveyden määrää puhdistustapa ja pinta-ala on syytä suunnitella sellaiseksi, että pintakuorma mitoitusvalumalla ei ylitä ohjeena olevaa arvoa  $1\ mh^{-1}$ .

### 6.3 LASKEUTUSALTAIDEN PUHDISTETTAVUUS

Vesistövaikutusten kannalta lietteen poisto altaista on tärkeä toimenpide. Tämän vuoksi altaiden pienentämisellä hoidon kannalta sopivankokoiseksi ja kiintoaineen pidättämisellä kentän ojaverkostoon saadaan todennäköisesti isoja altaita huomattavasti parempi lopputulos. Jos sedimentin annetaan ikääntyä, kiihtyy matala-

lassa, tummapohjaisessa altaassa tapahtuva mineralisaatio ja sen seurauksena turvetuotantoalueilta tuleva ravinnekuormitus kasvaa, vaikka kiintoainekuormitus olisikin vähäinen (vrt. Koskinen 1983, Selin ym. 1984). Vesianalyysitulosten perusteella veden happipitoisuus laskeutusaltaissa ja erityisesti pohjalietteessä voi ajoittain olla melko alhainen. Tällöin mm. saostuneet fosforiyhdisteet alkavat muuttua liukoiseen muotoon ja kulkeutuvat sen jälkeen vesistöön. Vesistövaikutusten kannalta liukoisten typpi- ja fosforiyhdisteiden määrä yleensä ratkaisee alapuolisen vesistön rehevyytason. Ellei altaiden puhdistamista voida tehdä käytännössä riittävän usein, altaiden avulla saatava hyöty on joissakin tapauksissa ajoittaisen huuhtoutumisvaaran ja lietteen hajoamisen vuoksi kyseenalainen. Tämän vuoksi altaiden suunnittelussa, ja mitoituksessa olisi otettava huomioon puhdistukseen soveltuva, turvetyömailla jo oleva kalusto. Altaita ei voi suunnitella kovin leveiksi, sillä käytännössä parhaiten huollettavia altaita ovat pienet yksiköt, jotka tarvittaessa voidaan puhdistaa vaivattomasti mm. kaivinkoneella. Käytännössä altaat kannattaa puhdistaa mahdollisimman varhain tuotannon jälkeen ja kuitenkin viimeistään syksyllä. Pienet sarkaoja-altaat puhdistetaan tarpeen mukaan.

Laskeutusaltaaseen kertyvän sedimentin laatu vaihtelee turpeen laadun, maatuneisuuden, tuotantotavan ja kentän kaltevuuden mukaan. Mm. Jauhосуон palaturvekentältä laskeutusaltaaseen saakka tuleva liete oli hyvin herkkäliikkeistä, koska raskain ja nopeimmin laskeutuva aines oli sedimentoitunut ennen allasta oleviin vaakasuoriin ojastoihin. Tällöin tulvan ja äkillisten, rajujen rankkasateiden seurauksena vasta altaaseen laskeutunut herkkäliikkeisempi liete helposti lähtee liikkeelle ja aiheuttaa myös puhdistusaikaisia ongelmia. Jauhосуон altaassa tämä ilmiö havaittiin mm. sedimenttinäytteenoton yhteydessä. Myös alivirtaamatilanteen aikana altaisiin jäävä liete muodostuu pienikokoisista hiukkasista (Aho ja Kantola 1984).

Allasta puhdistettaessa olisi altaan virtaus syytä sulkea ja veden olisi annettava seistä jonkin aikaa tyhjennyksen jälkeen. Allas voidaan joissakin tapauksissa laskea lähes tyhjäksi vedestä ja puhdistaa vasta sitten. Tätä ei kuitenkaan voida tehdä sellaisille altaille, jotka ulottuvat pehmeään ja helposti valuvaan kivennäismaahan, sillä ilman veden vastapainetta allas saattaa täysin sortua. Vesimäärien kasvaessa uomaerosion vuoksi altaisiin kulkeutuu myös karkeaa helposti laskeutuvaa kivennäisainetta, joka ei helposti lähde puhdistuksen aikana uudeleen liikkeelle. Tutkituissa altaissa kivennäisperäistä lietettä oli eniten Räiskinsuon altaissa ja Kairinevan altaassa 3.

#### 6.4 LASKEUTUSALTAIDEN VAIKUTUS VALUMAVEDEN LAATUUN JA KUORMITUKSEEN

Laskeutusaltaiden avulla voidaan tämän tutkimuksen perusteella selvästi vaikuttaa vain kiintoainepitoisuuteen. Muiden veden laatua kuvaavien ominaisuuksien osalta muutokset olivat vähäisiä. Ravinnehuuhtoutumat vaihtelivat näytteenotto-kertojen ja eri altaiden välillä tulevasta kuormituksesta, altaassa tapahtuvasta hajoitustoiminnasta ja ravinteiden biologisesta sitoutumisesta riippuen.

Tulevan veden kiintoainepitoisuudet vaihtelivat melko paljon tutkimusjakson aikana. Koihnannevalalla ja Jauhосуolla keskimääräiset tulevan veden kiintoainepitoisuudet olivat alle  $20 \text{ mg l}^{-1}$ , muilla tuotantoalueilla yli  $40 \text{ mg l}^{-1}$  ja Porrasnevan ojitusalueella keskimäärin  $28 \text{ mg l}^{-1}$ . Laskeutusaltailla kiintoaineesta pystyttiin poistamaan keskiarvojen perusteella roudattomana aikana n. 30 - 40 %. Ojien puhdistuksen yhteydessä altaisiin tuleva jo kertaalleen ojastoon laskeutuneesta lietteestä pidättyi altaisiin n. 90 %:a. Kiintoaineen pidättymistehokkuus lisääntyi Porrasnevaa lukuunottamatta kaikissa altaissa tulevan veden kiintoainepitoisuuden kasvaessa ellei virtaus ollut voimakkaasti turbulenttista. Porrasnevan altaassa tapahtui laskeutumista vain täysin laminaarisen virtauksen aikana, sillä altaan seinämien eroosio aiheutti huomattavaa kuormituksen kasvua.



Lumen sulamis aikana kaikkiin altaisiin tuleva kiintoainehuuhtoutuma oli kerta-luokkaa suurempi kuin roudattomana kautena. Vedenpinnan vaihteluista aiheutuva kiintoaineen pidäytyminen kentällä olevaan jääsohjoon näkyi suppean aineiston perusteella tuloksissa Porrasnevaa lukuunottamatta (kuva 25) roudattoman kauden arvoja korkeampina poistumaprosentteina (50 - 74 %), vaikka varsinainen allas ei ollutkaan jääpeitteen vuoksi toimintakuntoinen. Altaiden ja näytteen-ottokertojen välillä oli tosin selviä eroja. Roudattomana kautena altaiden kiinto-ainehuuhtoutuma vaihteli taulukon 31 mukaisesti.

Taulukko 31. Tutkimusalueiden keskimääräiset kiintoainehuuhtoutumat roudat-toman kauden aikana.

Paikka	Kiintoainehuuhtoutuma kgd <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>		Poistuma %
	tuleva vesi	lähtevä vesi	
1982			
Koihnanneva	16,4	9,2	44
Kairineva			
allas 1	72,1	49,9	31
allas 2	70,2	43,1	39
allas 3	34,5	42,0	- 22
Räiskinsuo			
allas 1	107,1 *	16,7	84 *
allas 2	83,0 *	11,4	86 *
Porrasneva ojitusalue	60,4	81,2	- 34

\* ojaston puhdistusta näytteenottoaikana.

Tulevan veden kiintoainehuuhtoutuma pinta-alayksikköä kohti on ollut pienin Koihnannevilla (F = 38 ha) ja Kairinevan altaassa 3 (F = 70 ha). Altaiden toimi-vuus on vaihdellut huomattavasti, mutta tulosten perusteella voidaan todeta, että pienehköä valuma-aluetta varten rakennetut altaat ovat toimineet parhaiten. Valumaveden kiintoainepitoisuus ei roudattomana kautena ollut selvästi valumasta tai sadannasta riippuvaista millään tutkimusalueista. Roudattomana kautena, etenkin alivaluma-aikana, voivat mm. tuotantovaihe, tuulen mukana kulkeutuva pöly ja päästeputkien aukaisu vaikuttaa oleellisesti valumaveden kiintoainepitoisuuteen.

Näytteenottopäivien fosfori- ja typpihiuuhtoutumien perusteella voidaan todeta, että altaiden ravinteidenpidätyskyky on melko heikko. Koihnannevan roudatto-man kauden aikaiset fosforihuuhtoutumat olivat selvästi korkeammat kuin muilla alueilla, vaikka turpeen fosforipitoisuus oli samaa suuruusluokkaa kuin Jauho-suolla ja Räiskinsuolla.

Ravinne- ja kiintoainepitoisuuksia tarkasteltaessa on kokonaisfosforipitoisuuksien vaihtelu eniten yhteydessä kiintoainepitoisuuden vaihtelun kanssa. Tämä yhteys oli selvimmin havaittavissa Kairinevalla, Jauhosuolla ja Räiskinsuon altaassa 2. Kokonaistyyppipitoisuus riippui selvästi kiintoainepitoisuudesta tulevassa vedessä Koihnannevilla, Kairinevalla ja Räiskinsuon altaassa 2 ja lähtevässä vedessä Kairinevalla ja Räiskinsuon altaassa 2. Räiskinsuon altaassa 1 ja Porrasnevalla ei kiintoaineella ja ravinnepitoisuuksilla ollut selvää yhteyttä. Samansuuntainen kiintoainepitoisuuden ja ravinnepitoisuuksien välinen yhteys on havaittavissa myös Sallantauksen (1983) aineistossa. Valumaveden ravinnepitoisuudet eivät millään alueella riippuneet myöskään turpeen ravinne määrästä. Liukoista ravinteista typpi-yhdisteet esiintyivät omana ryhmänä, fosfaattifosfori sen sijaan oli usein sitoutunut rautaan ja liuenneeseen orgaaniseen aineeseen.

Kaikille laskeutusaltaille yhteisenä piirteenä oli vedenlaatutekijöiden selvempi keskinäinen riippuvuus altaaseen tulevassa vedessä kuin sieltä lähtevässä vedessä. Altaat muuttavat roudattoman kauden aikaisesta pitkästä viipymästä ja tehokkaasta hajotuksesta johtuen valumaveden koostumusta perustuotannon kannalta edullisempaan muotoon. Tämä muutos on voimakkainta keskikesällä, jolloin vesistöissä yleensä on biologisesti käyttökelpoisista ravinteista puutetta. Altaan oma kasviplanktoniin perustuva perustuotanto voi sitoa osan ravinteista roudattomana aikana ja sitoutumisen tehokkuus on riippuvaista lämpötilasta, valaistuksesta ja virtausoloista. Ravinteita sitovaa makrofyttikasvillisuutta ei altaisiin puhdistuksesta johtuen ehdi muodostua.

Taulukko 32. Tutkimusalueiden keskimääräiset näytteenottopäivien kokonaisfosforin ja kokonaistypen huuhtoutumat roudattoman kauden aikana.

Paikka	Huuhtoutuma $\text{kg d}^{-1} \text{ km}^{-2}$			
	$P_{\text{tot}}$		$N_{\text{tot}}$	
	tuleva vesi	lähtevä vesi	tuleva vesi	lähtevä vesi
Koihnanneva	0,25	0,24	1,8	1,7
Kairineva				
allas 1	0,12	0,11	4,2	3,4
allas 2	0,10	0,08	2,8	3,4
allas 3	0,08	0,08	2,1	2,4
Räiskinsuo				
allas 1	0,16	0,16	6,5	7,1
allas 2	0,12	0,10	4,1	2,0
Porrasneva	0,14	0,19	4,4	4,7
ojitusalue				

Fosforinpidätyskyky altaissa oli yleensä alle 20 % ja ajoittain lähtevän veden huuhtoutuma oli tulevan veden arvoa suurempi. Typpihuuhtoutuma vaihteli 51 %:n poistumasta 20 %:n huuhtoutuman kasvuun. Huuhtoutuman suuruus ei yksiselitteisesti riippunut turpeen typpipitoisuudesta. Tulva-aikana myös typpihuuhtoutumat olivat roudattomaan kauteen verrattuna kertaluokkaa suuremmat.

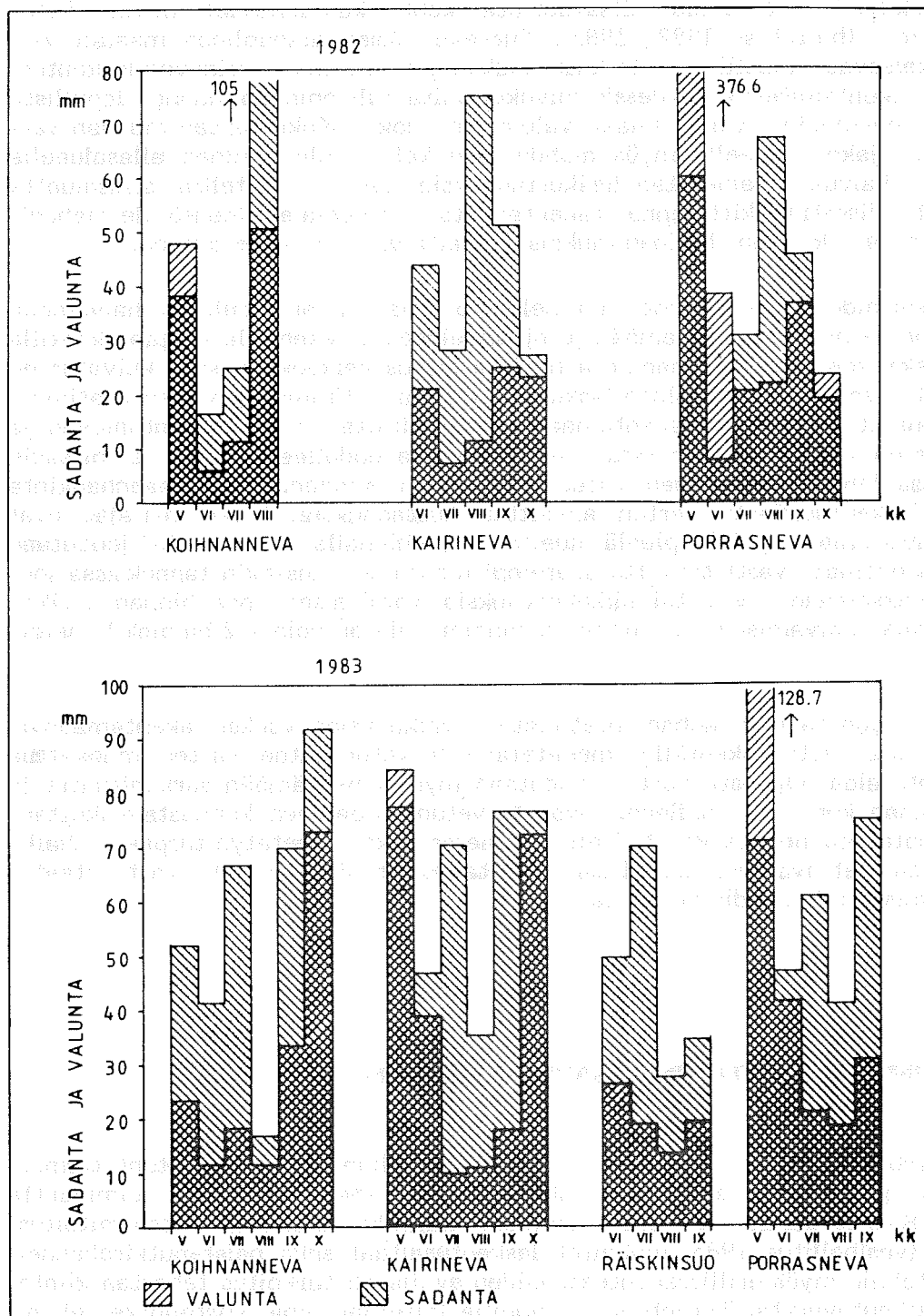
Laskeutusaltaiden vaikutus väriarvoon ja sähkönjohtavuuteen oli vähäinen ja muutokset roudattomana aikana eivät olleet systemaattisia. Valumaveden pH-luvut olivat jo tulevassa vedessä korkeita roudattoman kauden alhaisimman pH-luvun ollessa 5.9. Altaassa ei tapahtunut oleellisia pH-luvun muutoksia ja yleensä sekä tulevan että lähtevän veden pH-luku oli yli 6.0.

## 6.5. SADANNAN VAIKUTUS VALUMAAN

Kuvassa 26 on esitetty kuukausisadannan ja keskimääräisen vuorokausivalunnan vaihtelu eri alueilla. Turpeen vesitilan täyttymisaste, mitä aineistossa kuvasi esisadantaindeksi (Seuna 1981 b), oli tärkein valuman suuruuteen vaikuttava tekijä.

Selvitettäessä sadannan vaikutusta valumaan havaittiin sadepäivien valuman ja sadannan välillä yleensä viive valuman riippuessa selvimmin edellisen päivän sadannasta. Edellisen päivän sadanta selitti Kairinevalla, Jauhосуolla ja Räiskinsuolla kuitenkin vain alle 20 % vuorokauden keskivaluman vaihtelusta. Koihnannevilla valuman ja sadannan välinen viive oli todennäköisesti valuma-alueen koosta johtuen muita alueita lyhyempi. Vuorokausivaluman vaihteluihin vaikutti selvimmin saman ja edellisen vuorokauden sadannan summa. Kairinevan altaiden 2 ja 3 alueelta ei ole onnaa valumahavainnointia ja Räiskinsuolla kummankin altaan valumavedet tulivat samaan mittapatoon. Tämän vuoksi Koihnannevan lisäksi muiden pienehköjen valuma-alueiden valuman ja sadannan käyttäytymistä ei voitu havainnoida.

Porrasnevilla valuma-sadantasuhteet olivat tutkittuihin tuotantoalueisiin verrattuna poikkeukselliset, sillä sadannalla oli hyvin vähän vaikutusta valumavaihteluihin. Tämä johtui ojitusalueen vesivaraston tyhjentymisestä.



Kuva 26. Kuukausisadanta ja -valunta tutkimusjakson 1982 - 1983 aikana.

## 6.6 VESIENSUOJELUTOIMENPITEIDEN AIHEUTTAMAT KUSTANNUKSET

Allastutkimuksessa olleiden laskeutusaltaiden rakentamiskustannukset vaihtelivat huomattavasti alapuolisen maaperän laadun mukaan. Pinta-alayksikköä kohti laskettuna rakentamiskustannukset eli kaivutyö ja tarvikkeet maksoivat 330-650 mk ha<sup>-1</sup>. Kaivettua allaskuutiota kohti kustannukset olivat 7,80 - 17,10 mk m<sup>-3</sup> (hintataso 1982 - 1983). Turvekerroksen alapuolinen maalaji vaikutti ratkaisevasti lopullisiin allaskustannuksiin, sillä esim. Kairinevan laskeutusallas 1:n rakentamisen yhteydessä kaivukuutioita tuli noin kolmannes lopullista tilavuutta enemmän kivennäismaan valumisen vuoksi. Kokemuksen mukaan varsinkin vedenjakaja-alueella myös mahdollisen kallion ulottuminen allasalueelle vaikeuttaa kaivua ja aiheuttaa lisäkustannuksia, ellei suunniteltua allasaluetta ole perusteellisesti tutkittu ennen rakentamista. Suomessa ei yleensä ole mahdollista rakentaa nykyisten ohjeiden mukaisia altaita vain turvekerrokseen.

Laskeutusaltaiden rakentaminen on helpompaa ja kustannuksiltaan halvempaa silloin, kun se pystytään tekemään jo ojitusvaiheessa. Vanhoilla tuotantokentillä allasalueeksi sopivan maan hankinta tuottaa joskus vaikeuksia, sillä kuivatus on suunniteltu tapahtuvaksi useiden laskuojien kautta ja tällöin nykyisten vaatimusten mukaisesti joudutaan rakentamaan useita altaita. Myös tuotantoalueen ja ulkopuolisten vesien erillään pitäminen aiheuttaa uudelleenojitusta ja joissakin tapauksissa lähes koko alueen ojitus joudutaan uusimaan. Myös maanhankinta erillistä laskeutusallasta varten aiheuttaa kustannuksia. Maanomistajat ovat joskus haluttomia myymään pieniä alueita kohtuuhinnalla ja sen vuoksi joudutaan ostamaan huomattavasti tarvetta suurempi maa-alue. Joissakin tapauksissa joudutaan maksamaan myös taimikkokorvauksia varsinaisen maanhinnan lisäksi. Ympärysojien kaivamiseen tarvittava maanpinta-ala on noin 1-2 ha ojakilometriä kohti.

Jos altaat joudutaan maanhankintatilanteen vaikeuksien vuoksi rakentamaan jo valmistellulle tuotantokentälle, menetetään turvetuotantoa varten muokattua kenttäpinta-alaa. Ojitusta varten joudutaan myös lyhentämään sarkapituutta ja putkittamaan kenttää uudelleen. Myös turvetuotantoalueen kunnostamiskustannukset tuotantokuntoista kenttää allastettaessa sekä menetetyn turpeen rahallinen arvo on otettava huomioon. Lisäksi kustannuksia aiheutuu jatkuvasti altaiden kunnostamisesta ja puhdistamisesta.

## 7 KIINTOAINEEN PIDÄTTÄMINEN SARKAOJASTOON

Kesällä 1984 tutkittiin Vapo Oy:n ja Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen yhteistyönä sarkaojiin rakennettujen laskeutusaltaiden toimivuutta (Selin ja Kaunismaa 1985). Vierekkäisiin sarkaojiin kaivettiin nykyisten mitoitusohjeiden (vesihallitus 1983) mukaiset laskeutusaltaat sekä päisteputkirakennelmaan laitettiin myös erillISRakenteet, joiden avulla oli tarkoitus tehostaa kiintoaineen laskeutuvuutta. Turvetuotantoalueille laitetaan aina päisteputket eli ns. rumpurakennelma, jonka avulla työkonet pääsevät kulkemaan saralta toiselle. Sarkaoja-altaisiin tulevan kiintoainepitoisuuden ja huuhtoutumien vaihtelu on esitetty taulukossa 33.

Taulukko 33. Haapasuon sarkaoja-altaiden valumaveden keskimääräinen kiintoainepitoisuus ja huuhtoutuma 1.6. - 30.10.1984 välisenä aikana.

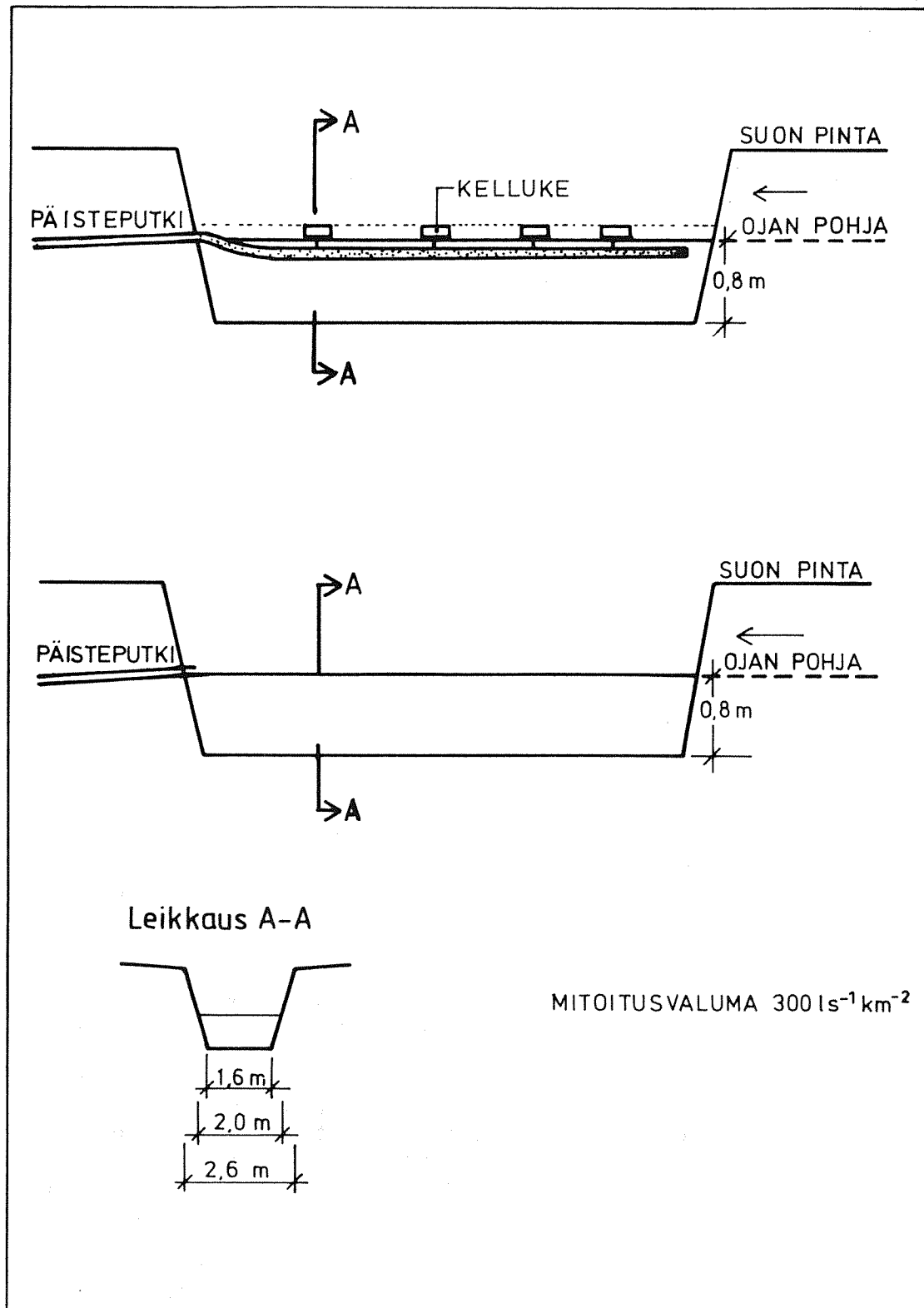
Allas	Kiintoainepitoisuus mg l <sup>-1</sup>				Huuhtoutuma kg d <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>			
	keskiarvo		vaihtelu		keskiarvo		vaihtelu	
tuleva vesi								
allas 1	18,0	3,6	-	53	47,5	1,8	-	379,3
allas 2	22,5	1,0	-	200	40,6	0,1	-	359,0
allas 3	19,8	2,3	-	260	187,8	0,5	-	2530,9
allas 4	13,3	2,6	-	51	62,0	0,9	-	648,0
lähtevä vesi								
allas 1	10,6	2,0	-	31	21,2	1,0	-	130,4
allas 2	6,5	2,0	-	20	11,1	0,3	-	44,9
allas 3	8,5	2,3	-	29	21,5	0,5	-	204,4
allas 4	10,5	3,4	-	32	24,1	1,8	-	190,6

allas 1 = päisteputki ja rimasäleikkö  
 allas 2 = päisteputki ja rei'itetty muoviputki  
 allas 3 = päisteputki ja salaojaputki  
 allas 4 = allas, ei lisärakenteita

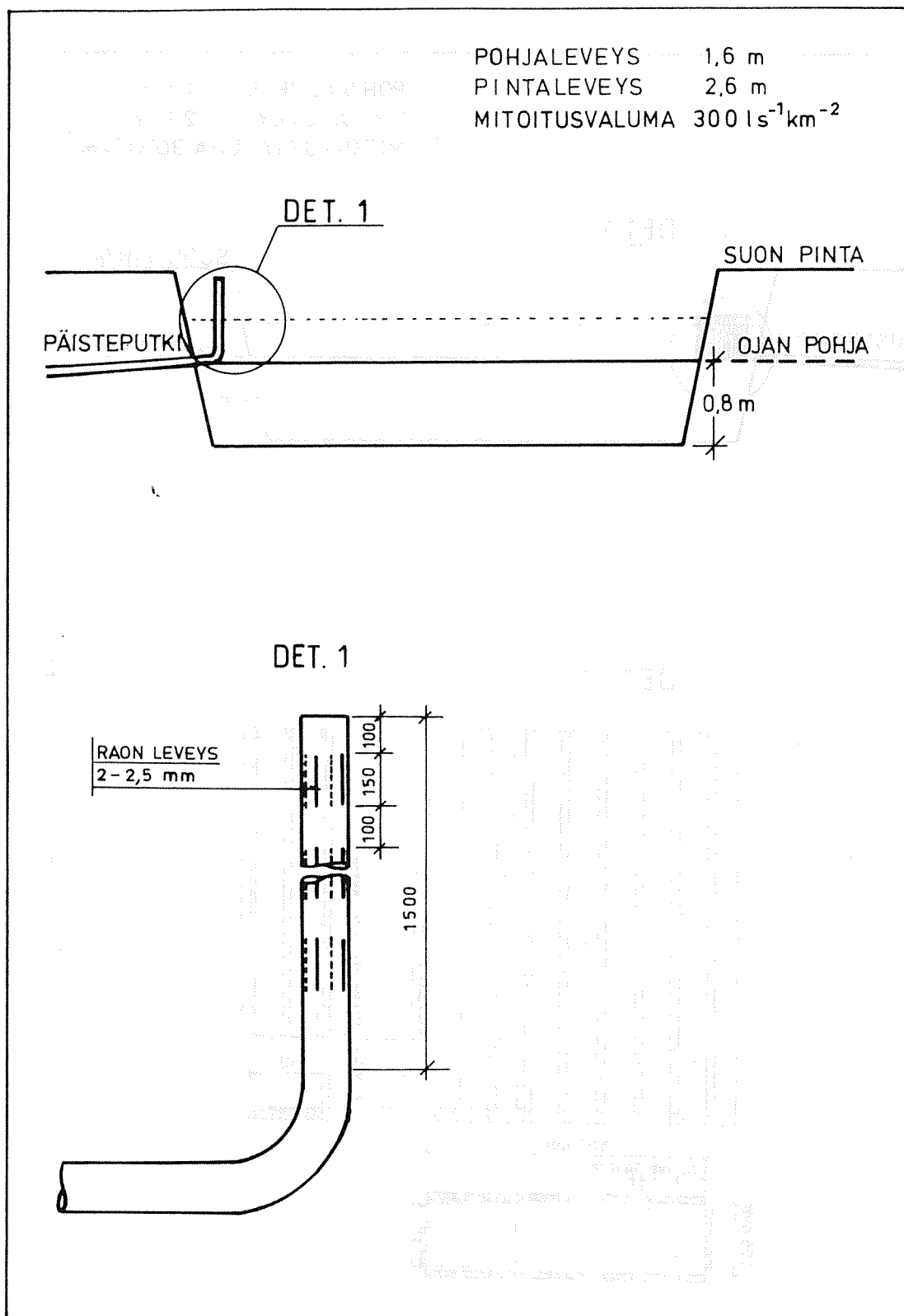
Koejakson aikainen keskivaluma päisteputken poistopäästä mitattuna oli 16-21,3 ls<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> ja maksimivaluma 147 ls<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>. Tutkimusjakson aikainen sadanta alueella oli 440 mm. Sarkaoja-altaan mitoituksena 6,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> osoittautui liian pieneksi, mutta myös 15 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>:n altaan puhdistaminen olisi ollut aiheellista tehdä ennen syksysateita.

Toimivassa sarkaoja-altaassa päisteputkeen liitetty, puolikelluva salaojaputki (kuva 27) osoittautui tehokkaimmaksi keskimääräisen kiintoainepoistuman ollessa 89 %. Tulevan veden kiintoainepitoisuuden kasvaessa altaan pidätyskyky myös parani. Kellukkeiden avulla estettiin salaojaputken tukkeutuminen ja vähennettiin putken puhdistustarvetta. Ennen syksysateita altaaseen pidättynyt liete olisi ollut syytä poistaa kaikista tutkituista altaista. Käyrä, pystysuoraan rei'itetty muoviputki ja laskeutusallas toimivat kiintoaineen pidättäjänä myös hyvin (kuva 28) keskimääräisen poistuman ollessa 73 %. Tosin muoviputken reikien tukkeutuminen aiheutti putken puhdistustarvetta, mutta sen todettiin selvästi hidastavan ojan virtaamaan ja padottavan sateiden jälkeen vettä ojastoon. Altaan yhteyteen rakennettu puusäleikkö pidatti hetkellisesti vain isoimmat turvelohkareet ja esti niiden aiheuttaman päisteputken tukkeutumisen. Keskimääräinen kiintoaineen poistuma oli 55 %, kun vastaava arvo pelkällä sarkaoja-altaalla (kuva 27) oli 61 %.

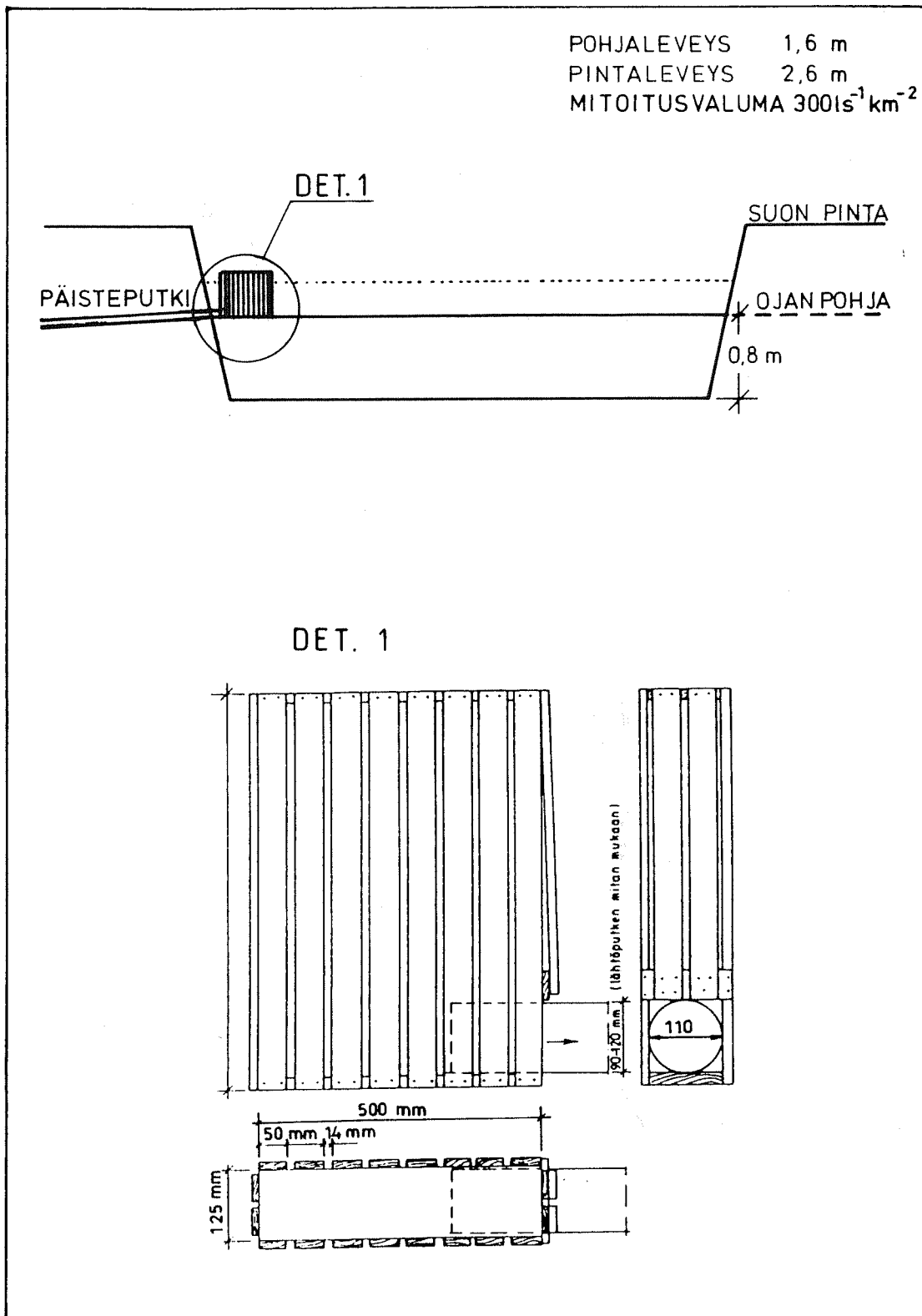
Salaojaputken talvenkestävyydestä ei ole vielä tietoa ja jäätymisen aiheuttaman rikkoutumisen vuoksi se saatetaan joutua ottamaan pois talven ajaksi. Käyrän muoviputken ja puusäleikön on todettu kestävän talven yli toimintakuntoisena.



Kuva 27. Turvetuotantoalueen sarkaojaan kaivettu laskeutusallas, sen yhteydessä oleva päisteputki sekä päisteputkeen liitetty kelluva salaojaputki (Selin ja Kaunismaa 1985).



Kuva 28. Turvetuotantoalueiden sarkaojaan kaivettu laskeutusallas ja päisteputkeen liitetty käyrä (90°) muoviputki ( $\emptyset 110 \text{ mm}$ ) (Selin ja Kaunismaa 1985).



Kuva 29. Turvetuotantoalueen sarkaojaan kaivettu laskeutusallas ja päisteputken yhteydessä oleva puinen rimasäleikkö (Selin ja Kaunismaa 1985).



Sarkaojastoon rakennettavan altaan muoto on pitkänomainen, sillä ojastossa oleva leveä allas vaikeuttaa työkoneiden liikkumista. Päisteputken yhteyteen liitettävien rakenteiden avulla rumpusysteemi pysyy myös kuivatuksen kannalta toimintakuntoisena eikä sitä tarvitse kesän ja syksyn aikana avata, kuten pelkkää päisteputkirakennelmaa joudutaan tekemään.

Toimivan sarkaoja-altaan laskeutumisominaisuudet osoittautuivat vakaiksi, sillä kiintoaineen laskeutumisesta tapahtui pitoisuuden ollessa jopa alle  $10 \text{ mg l}^{-1}$ . Altaiden viipymä mitoitustarpeen mukaan oli 1,3-1,5 h, virtausnopeus  $0,002 \text{ m s}^{-1}$ , pintakuorma  $0,5 \text{ mh}^{-1}$ . Reynoldsin luvun perusteella virtaus oli kaikilla tutkituilla kerroilla laminaarista. Turbulentista virtaus näissä altaissa on valumanarvon ollessa yli  $1100 \text{ ls}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja tällainen valumanarvo vastaa jo hyvin poikkeuksellista tilannetta.

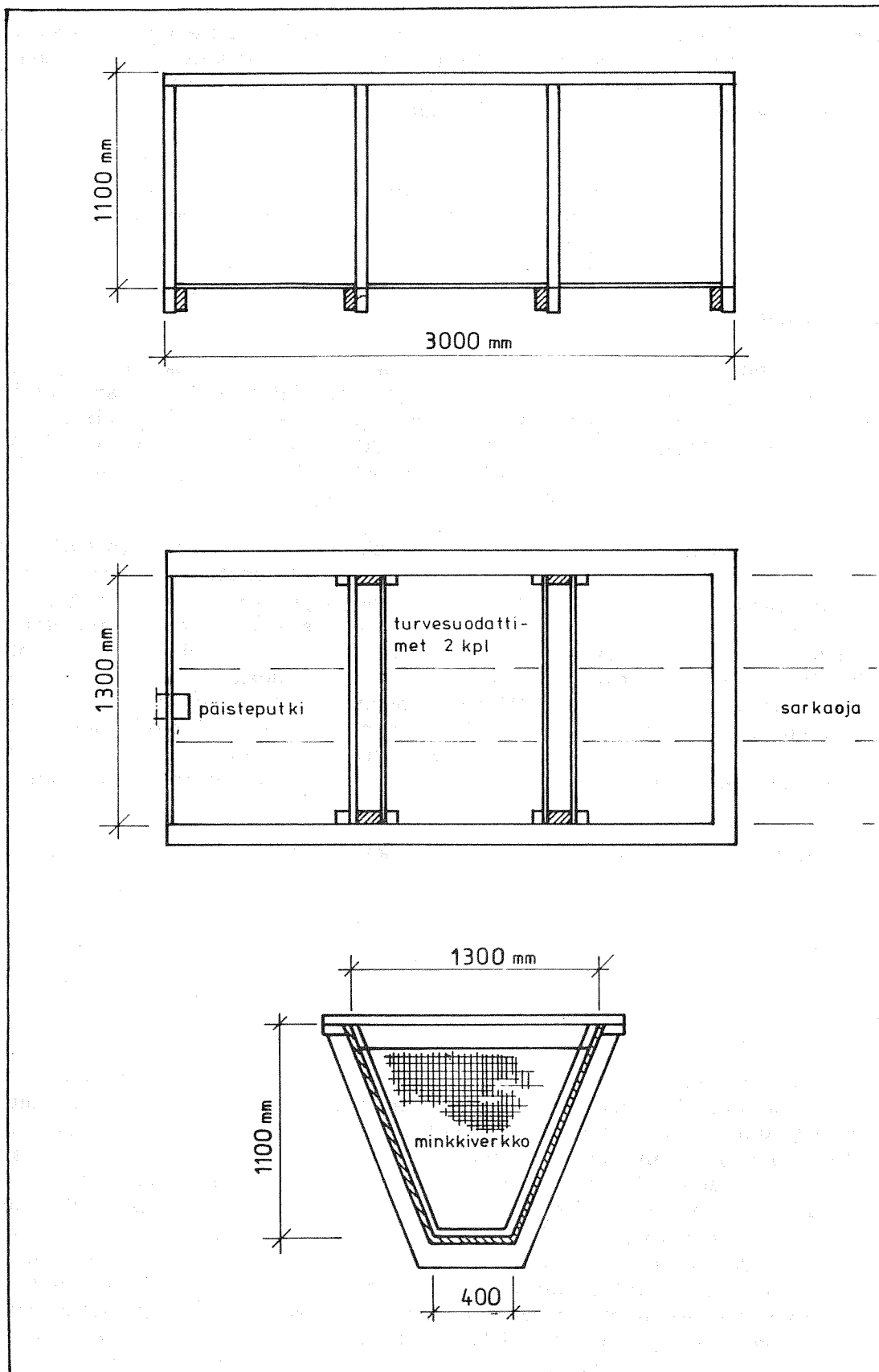
Altaiden puhdistus ja syvennys voidaan tehdä ojaston kunnostuksen yhteydessä. Rakentamiskustannukset olivat allasta kohti noin  $70 \text{ mk ha}^{-1}$ . Lisärakenteina tutkittujen vaihtoehtojen käytön sekä sarkaoja-altaan tekemisen aiheuttamat kustannukset olivat vuoden 1984 hintatason perusteella 100 - 150  $\text{mk ha}^{-1}$ . Tutkimuksen perusteella päisteputkituksen hyväksikäyttö vesiensuojeluratkaisuna osoittautui toimivaksi ratkaisuksi.

Kesällä 1984 kokeiltiin Vapo Oy:n ja Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen yhteistutkimuksena myös kiintoaineen talteenottoa ojastoon rakennettujen turvesuodattimien avulla (kuva 30, Selin ym. 1985). Käyttökelpoiseksi osoittautui suodatin, joka oli liitetty päisteputkisysteemin eteen siten, että se piti putken auki koko seurantajakson ajan. Suodattimen runko oli rakennettu lankuista ja metalliverkosta siten, että vain toinen rinnakkaisista suodattimista oli toiminnassa kerrallaan. Suodattimen vaihdon yhteydessä poistettava suodattinmateriaali eli vähän maatonut turve levitettiin kentälle. Tutkimusjakson 15.5. - 9.10.1984 välisenä aikana ojasuodattimen materiaali vaihdettiin kolme kertaa. Suodattimen toimintajakson aikaiset keskimääräiset huuhtoutumat olivat seuraavat:

Jakso/vuorokausi	Kiintoainehuuhtoutuma, $\text{kgd}^{-1} \text{ km}^{-2}$		Poistuma
	tuleva	lähtevä	%
I/63	107	9,2	91
II/16	316	54,1	83
III/68	129	17,2	87

Turvesuodatin osoittautui tehokkaaksi kiintoaineen pidättäjäksi pitkälle maatu- neella turvekentällä, missä laskeutusaltaan toimivuus on osittain epävarmaa lietteen herkkäliikkeisyyden vuoksi. Turvesuodatin tarvitsee seuranta- ja huoltoa enemmän kuin muut edellä esitetyt vaihtoehdot, mutta suodattimen toimiessa kiintoainepoistuma oli keskimäärin 83 - 91 %. Turvesuodattimen kapasiteetin ylittyminen ilmeni läpäisykyvyn heikkenemisenä ja siitä aiheutuvana vedenpinnan korkeuden pysymisenä ojastossa normaalia korkeammalla. Turvesuodattimen käyttöaika riippuu aivan säätilasta. Kesällä 1984 oli äkillisiä rankkoja sateita, joiden kuljettamaa kiintoainetta suodatin pidatti erinomaisesti. Käytännössä suodatin olisi ollut syytä vaihtaa hieman useammin. Tutkimuksessa käytetyn suodattimen rakentaminen maksoi noin  $180 \text{ mk ha}^{-1}$ . Käytännön ratkaisuna suodatin kannattaa rakentaa huomattavasti kuvan 26. rakennetta lyhyemmäksi.

Kaikilla päisteputkiin liitettävien erillISRakenteiden ja sarkaoja-altaiden avulla pystytään pääasiassa vaikuttamaan kiintoaineeseen ja siihen sitoutuneisiin ravinteisiin. Turvesuodatin on mahdollisesti joidenkin vanhojen, pitkälle maatu- neiden alueiden poikkeusratkaisu. Ravinnekuormitukseen kaikilla edellä esitetyillä me- netelmillä voidaan vaikuttaa siten, että ojastoon laskeutunut liete poistetaan ja siten estetään kiintoaineen hajoamista ja ravinteiden vapautumista.



Kuva 30. Turvetuotantoalueen sarkaojaan laitettava turvesuodatin (Selin ym. 1985).

### Altaiden toimivuus

Vesiensuojeluratkaisuja suunniteltaessa on lähtökohtana pidettävä altaiden toimivuutta, puhdistettavuutta ja valumavedessä tapahtuvien muutosten merkitystä vesistövaikutusten kannalta. Altaiden toiminta-aika rajoittuu pääasiassa roudattomaan kauteen, sillä lumen sulamisen aikana allas on yleensä vielä jäässä. Vesistökuormituksen kannalta nämä roudattoman kauden huuhtoutumat ovat vuosihuhtoutuman kannalta keskeisiä (Sallantaus 1983) ja sen vuoksi mitoitusperusteina olisi syytä käyttää roudattoman kauden vesimääriä eikä lumensulamis-kauden aikaista tilannetta.

Kevättulvan aikaiseen altaan toiminnan täydelliseen selvittämiseen tämän tutkimuksen näytteenottotiheys oli liian suppea näytteenottokertojen ollessa vain yhdestä kolmeen tulvakautta kohti. Kiintoaineen poistumaprosentit olivat muutamalla kevättulvan aikaisilla tulvan loppuvaiheeseen ajoittuvilla näytteenottokerroilla korkeammat kuin roudattoman kauden näytteenottokerroilla keskimäärin. Pidättyminen ei kuitenkaan pääasiassa ollut laskeutumista, vaan vedenpinnan korkeuden vaihdellessa tapahtuvaa tarttumista altaan reunoihin ja kentällä olevaan lumeen. Tämä ilmiö havaittiin selvästi altaan reunalle muodostuneista veden pinnan korkeutta vastaavista lieteraidoista, jotka eivät tämän vuoksi näkyneet lietemittaustuloksissa. Tulvan alkuvaiheessa yhtenäisen jääpeitteen alta kulkevan veden virtausnopeus kasvaa ja sen seurauksena puhdistamattomaan altaaseen kulkeutunutta lietettä saattaa huuhtoutua valumaveden mukana. Tämä ilmiö on havaittu muissa yhteyksissä, vaikka tämän tutkimuksen muutaman tulvanäytteenottokerran aikana sitä ei todettukaan. Lumen sulamisesta muodostuvat valumavedet olisivatkin tämän vuoksi syytä ohjata laskeutusaltaan ohi ja allas olisi aiheellista ottaa käyttöön siinä vaiheessa, kun jääpeite altaassa on jo liikkuva ja allas on toimintakuntoinen. Myös altaassa olevan jään aiheuttama paine on paikoitellen kevättulvan aikana rikkonut allasrakenteita ja irrottanut altaan seinämistä kivennäisainetta. Tulva-aikaista kiintoainehuuhtoutumaa voidaan vähentää rakentamalla ojastoon sekä mahdollisesti laskuojaan erillisiä pidättimiä tai patoja, joiden avulla voidaan nostaa veden pintaa kentälle. Tällöin kiintoaineen pidättyminen kenttään tehostuu ja toisaalta sulamisvesi samalla sulattaa vähitellen routaa. Pohjois-Suomessa ja Pohjanmaalla lumensulamisvesien allastaminen on paikoitellen täysin mahdotonta, sillä tulva nostaa veden laajoille alueille.

Altaiden toimivuutta selviteltäessä on laskeutunutta ja mittauksilla todettua lietemäärää pidetty tärkeimpänä toimivuuden ilmentäjänä näytteenoton ajoittaisen puutteellisuuden vuoksi. Toimivissa altaissa keskimääräinen roudattoman kauden näytteenottokertojen kiintoaineen pidätys oli 30-44 %. Ravinnepitoisuuksiin kaikilla tutkituilla altailla ei ollut selvää vaikutusta ja ravinnepitoisuuden aleneminen tapahtui pääasiassa kiintoaineeseen sitoutuneiden ravinteiden pidätyksen kautta.

Näytteenottoaikainen veden laskennallinen viipymä tutkituissa altaissa oli keskimäärin yli 12 tuntia ja pisimmillään kaksi viikkoa. Pitkän viipymän aikana altaiden veden laatu heikkeni ja tällöin kiintoaineen mukana laskeutuneet ravinteet saattavat hajotuksen seurauksena vapautua muuttaen kiintoainekuormitusta ravinnekuormitukseksi. Tämän vuoksi altaiden säännöllinen puhdistaminen ja siten lietteen hajoamisen estäminen on tärkein vesistövaikutusten kannalta mitoituksessa huomioonotettava tekijä. Sen vuoksi altaat on syytä mitoittaa siten, että puhdistus voidaan tehdä säännöllisesti työmaalla olevalla kalustolla. Tällöin altaat voidaan mitoittaa roudattoman kauden valumaa vastaavaksi eikä ylimitoitus lietetilän riittävyyden vuoksi ole tarpeellista.

Virtausopillisten raja-arvojen mukaan tutkittujen altaiden laskeutumisolot herkkäliikkeiselle turveperäiselle lietteelle olivat ajoittain huonot. Virtauksen ollessa voimakkaasti turbulenttista hiukkaskooltaan helposti laskeutuvaa kiintoainetta laskeutuu, mutta samanaikaisesti voi ajoittain huuhtoutua altaaseen jo aikaisemmin laskeutunutta herkkäliikkeistä lietettä.

## Mitoituksessa huomioonotettavat tekijät

Laskeutusaltaiden rakentamisessa pitäisi pyrkiä mieluummin pienehköihin erillis-altaisiin kuin isoihin kokooja-altaisiin, sillä pienissä altaissa virtausolot saadaan laskeutumisen kannalta suotuisiksi. Käytännössä on jo aikaisemmin huomattu, että pienet tuotantoalueelle rakennetut altaat sarkaojien päissä keräävät hyvin lietettä. Myös pienehköihin paloaltaisiin on kerääntynyt runsaasti lietettä.

Tämän aineiston perusteella suositeltava yhden altaan valuma-alue on enintään 30 - 50 ha altaan poikkileikkauksesta riippuen (virtausopilliset olot, puhdistettavuus). Mikäli mahdollista, altaat olisi syytä rakentaa vielä tästäkin pienemmille alueille, jotta huippuvirtaaman aikaiset kokonaisvesimäärät altaan poikkipinta-alaa kohti pysyvät kohtuullisina. Isommille (> 50 ha) valuma-alueille rakennettavat altaat on vaikea suunnitella siten, että ne täyttäisivät mitoitukselle aikaisemmin asetetut ohjearvot (pintakuorma, virtausnopeus, Reynoldsin luku, viipymä). Tutkituissa altaissa turbulenssi ylittyi melko alhaisilla valuman-arvoilla ja käytetyn mitoitusarvon aikaiset virtaamat olivat jo voimakkaasti turbulентtisia. Suotuisten laskeutusolojen kannalta on altaan poikkipinta-alaa kohti tulevaa kokonaisvesimäärää vähennettävä pienentämällä valuma-aluetta allasyksikköä kohti.

Käytössä olevaa mitoituspinta-alaa olisi syytä tämän tutkimuksen perusteella muuttaa siten, että kiinteästä pinta-alasta luovuttaisiin ja allas mitoitettaisiin roudattoman ajan vesimäärien mukaan siten, että allastyypin pintakuorma ei ylitä ohjearvoa ( $1 \text{ m h}^{-1}$ ). Jos puhdistus tehdään esim. kaivinkonekalustolla, ei allasta voida rakentaa kovin leveäksi. Aikaisemmin esitettyä vesilaitostekniikassa käytettyä pituus-leveys-suhdetta (3:1 - 7:1) ei voida pitää mitoituksen perustana, vaan pituus määräytyy laskennallisesti viipymästä sekä valuma-alueen koosta ja leveys puhdistuskalustosta.

Nyt käytössä olevaa mitoitusvaluman aikaista viipymää (1 h) ei ole syytä pidentää, sillä nykyisen mitoituksen mukaan viipymä alittui erittäin harvoin ja keskimääräiset viipymät muodostuivat vesistövaikutusten kannalta mieluummin liian pitkiksi.

Käytetty mitoitusvaluma ( $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) osoittautui roudattoman kauden käyttöä varten liian suureksi ja tulvan aikaan liian pieneksi. Jäässä oleva allas ei lumensulamisaikana ole toimintakuntoinen ja toisaalta lumensulamisaikaisten vesimäärien allastaminen esim. Pohjois-Suomen ja Pohjanmaan tulva-alueilla on käytännössä melko mahdotonta. Tämän vuoksi altaiden mitoitus olisi syytä tehdä vain roudattoman kauden käyttöä varten ja pidättää tulva-aikaista kiintoainehuuhtoutumaa ojastoon ja kentälle.

Käytännössä altaiden rakentaminen voitaisiin toteuttaa kahdella tavalla, joko käyttämällä erillisiä laskeutusaltaita sekä sarkaojan lietetaskuja tai yksinomaan sarkaoja-altaita. Tämän aineiston perusteella tutkittujen laskeutusaltaiden riittävä mitoitusarvo olisi ollut esim.  $100 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (liitteet 4-12). Tällöin altaan tilavuus pienenee, puhdistettavuus helpottuu ja alivaluman aikainen maksimiviipymä lyhenee. Tämän edellytyksenä on kuitenkin sarkaojaston lietteenpidätyskyvyn tehostaminen (puhdistus, sarkaojien lietetaskut, päisteputkien lisärakenteet, ojaston mahdollisimman vähäinen kaltevuus) sekä erillisten altaiden puhdistaminen säännöllisesti riittävän lietetilan säilyttämiseksi. Toisena vaihtoehtona on, että erilliset laskeutusaltaat korvattaisiin sarkaoja-altailla. Tällöin mitoitusvalumana voidaan käyttää esim. nykyistä arvoa  $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  riittävän lietetilan saavuttamiseksi. Poikkeustapauksissa voidaan sarkaojastossa käyttää pienempääkin mitoitusarvoa turpeen laadusta, puhdistustiheydestä ja nostotavasta riippuen.

Ojien pituuskaltevuus on syytä suunnitella mahdollisimman pieneksi ja ojan päisteputken puoleinen pää mahdollisuuksien mukaan vaakasuoraksi. Ojastoja ei ole yleensä syytä suunnitella valvontaohjeessa esitettyä kaltevuutta (1,5 o/oo) jyrkemmiksi. Laskuojien ja altaiden luiskakaltevuus on valittava niin loivaksi, että penkat eivät sorru.

### **Altaan toimintaan vaikuttavia erillISRatkaisuja**

Altaan toimivuuden varmistamiseksi laskeutusaltaaseen tuleva virtaus on syytä jakaa mahdollisimman tasaisesti koko altaan poikkipinta-alaa kohti. Tämä voidaan tehdä esim. levantämällä ja syventämällä allasta sukkulamaisesti tai rakentamalla altaan tulopäähän esim. virtausta tasaava pyöreistä puista rakennettu, poisnostettava neulapato. Pohjapatojen käyttö altaassa ei ole aiheellista, mutta sen sijaan pintapuomin käyttö ainakin jyrshinturvekentillä on suositeltavaa.

Altaan poistojärjestely voidaan tehdä putki- ja ylisyöksypatoratkaisujen (kuvat 8, 10, 15) lisäksi myös käyräputkilla, jotka ottavat veden hieman pinnan alapuolelta. Pinnankorkeutta säännöstelevä pato (esim. kuva 8) soveltuu pieneköihin ja joissakin tapauksissa keskisuuriin altaisiin, jos koko patorakennelma on mahdollista rakentaa koskemattomaan turvekerrokseen tai turpeen alapuolinen maalaji on rakentamisen kannalta ongelmaton. Käytännössä on todettu, että turvekerroksen alapuoleisen maalajin laadusta riippuen osittain kivennäismaahan ulottuvat rakennelmat eivät isoissa altaissa aina kestä tulva-aikaista jään ja lumisohjon painetta, vaan niitä joudutaan jatkuvasti korjaamaan. Poistopäätä voidaan tarvittaessa vahvistaa suodatinkankaalla ja kivillä tai altaaseen voidaan rakentaa esim. betonivahvistainen osaksi settipatoperiaattella toimiva poistopato.

Käytännön kokemusten mukaan ojastoihin kerääntyy huomattava määrä lietettä ja jos sarkaojien kiintoaineen pidätys saadaan toimimaan kuivatusta häiritsemättä, pystytään tehokkaammin vähentämään vesistökuormitusta. Turvetuotantoalueille joudutaan joka tapauksessa kaivamaan tiheä ojaverkko (500 m ha<sup>-1</sup>) ja sen hyväksikäyttö laskeutustilana on myös kustannussyistä järkevää. Ojaverkoston ja päisteputkiston oikealla suunnittelulla voidaan myös tasata erilliseen altaaseen tulevia roudattoman kauden huippuvirtaamia.

Mikäli erilliset laskeutusaltaat rakennetaan vain roudattoman kauden käyttöä varten voitaisiin lumensulamisesien virratessa jäässä olevan altaan ohitse kiintoaineen pidätystä kenttään tehostaa esim. rakentamalla tarvittaessa vedenpinnan korkeutta sääteleviä patorakennelmia laskuojaan. Erillinen allas otettaisiin tässä tapauksessa käyttöön silloin, kun siinä oleva jää on lähes sulanut.

### **Altaiden puhdistaminen**

Puhdistustiheys riippuu suon vuosittaisesta käyttöasteesta (kuivatusalue, tuotantoalue, tuotantokuntoinen ei tuotannossa oleva alue). Altaiden ja sarkaojaston puhdistuksen ajaksi veden virtaus olisi syytä keskeyttää lietteen vesistöön joutumisen estämiseksi. Lietteen ikääntymisen ehkäisemiseksi ja riittävän liete-tilan säilyttämiseksi sarkaojastoon kertyneen lietteen poistaminen on tuotantoalueilla syytä tehdä tarpeen mukaan useammin kuin kerran vuodessa, esim. tuotantokauden päätyttyä ja ennen syyssateita sekä tarpeen mukaan poikkeuksellisen rajujen sateiden jälkeen. Erillisten altaiden puhdistaminen olisi syytä tehdä ennen syksysateita ja tarvittaessa useammin.

## Peruskuivatusvaihe

Peruskuivatusvaihe aiheuttaa runsasta kiintoainekuormitusta normaalia suurempien vesimäärien huuhdellessa vasta kaivettuja pintoja. Sen vuoksi kaivun yhteydessä olisi syytä tehdä kiintoaineen talteenottoa varten useita pieniä ojansyvennyksiä ja levennyksiä. Mikäli vesiensuojeluratkaisu on suunniteltu toteutettavaksi erillisaltaiden avulla, on kaivun aikaiset altaat kuitenkin syytä tehdä lopullisia altaita matalammiksi (liettaskut). Altaiden koko ja muoto viimeistellään vasta ojitusvaiheen päätyttyä, jolloin myös altaat ja ojalevennykset puhdistetaan. Peruskuivatusvaiheessa altaan rakentaminen syvyydeltään koko tuotantojakson käyttöä varten ei ole aiheellista. Parempi vaihtoehto on, että erillistä allasta syvennetään vuosittain puhdistuksen yhteydessä. Ojitustapa on syytä suunnitella siten, että pintavaluntaa käytetään mahdollisuuksien mukaan hyväksi. Laskuosiin on perkauksen yhteydessä syytä jättää mahdollisuuksien mukaan joitakin osuuksia kaivamatta ojitusaikaisen lietteen kulkeutumisen estämiseksi. Nämä kohdat voidaan tarpeen mukaan perata myöhemmin.

## Allastettujen alueiden kuormitus

Nykyisten ohjeiden mukaisia laskeutusaltaita on tehty runsaasti. Näillä alueilla vesistökuormitusta voidaan edelleen vähentää puhdistamalla ojastoa ja allasta säännöllisesti sekä parantamalla sarkaojaston pidätyskykyä.

## Uusien alueiden suunnittelu

Suunnittelussa huomioon otettavat tekijät ovat siis seuraavat:

- sarkaojaston pidätyskyvyn tehostamisella ja säännöllisellä ojaston sekä altaan puhdistamisella vähennetään tehokkaasti vesistökuormitusta
- käytettävissä oleva puhdistuskalusto määrää allastyypin
- joko erillinen allas (mitoitusvaluma  $100 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$ ) ja sen lisäksi sarkaojissa useammin puhdistettavat liettaskut tai allastilavuuden jakaminen pieniksi sarkaojan päähän tehtäviksi yksiköiksi (mitoitusvaluma enintään  $300 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$ )
- erillisen altaan suositeltava enimmäisvaluma-alue 30-50 ha
- pinta-ala määritetään pintakuorman ( $\leq 1 \text{ mh}^{-1}$ ) perusteella mitoitusvaluman mukaisesti ja leveys määräytyy puhdistuskalustosta
- mitoitusvaluman aikainen viipymä 1 h
- mitoitusvaluman aikainen suositeltava teoreettinen virtausnopeus  $0,01 \text{ ms}^{-1}$
- oikovirtauksia pyritään vähentämään sukkulamaisesti syvenevällä ja levenevällä muodolla
- mitoitusvaluman aikainen teoreettinen virtaus ei ole turbulентtista
- ojien pituuskaltevuus tehdään mahdollisimman pieneksi ja altaiden luiskakaltevuus loivaksi
- erillisen altaan poistojärjestely määräytyy maaperän laadusta
- ojitusaikaiset altaat (liettaskut) tehdään lopullisia altaita matalammiksi ja kiintoainetta otetaan talteen ojan syvennyksillä ja levennyksillä
- sarkaojaston kiintoaineen pidätyskykyä käytetään hyväksi.
- tulvavedet voidaan ohjata keväällä altaan ohi

## 9 TIIVISTELMÄ

Turvetuotantoalueille rakennettavien laskeutusaltaiden toimivuutta vesistövaikutusten vähentäjänä selviteltiin v. 1981 käynnistyneessä vesihallituksen, vesipiirien, turvetuottajien ja turveteollisuusliiton ja kauppa- ja teollisuusministeriön yhteistutkimuksessa.

Tutkimuksessa seurattiin laskeutusaltaiden pidätystehoa vesianalyysien, lietemit-tausten ja -analyysien sekä käytännön havaintojen ja laskennallisten teoriatar-kastelujen avulla. Altaita oli yhteensä kahdeksan, joista yksi oli ojitusalueella ja muut tuotantoalueilla. Altaiden mitoitus, muoto ja valuma-alueen koko sekä turpeen laatu vaihtelivat alueittain. Viiden altaan yhteydessä oli jatkuvatoiminen pinnankorkeusmittari, jonka avulla havainnointiin valumavesien määrää sekä piir-turilla varustettu sademittari. Tutkimusjakson 1982 - 1983 sadanta vastasi hyvin keskimääräistä alueiden pitkän ajanjakson keskisadantaa. Poikkeuksellisen voi-makkaita rankkasadejaksoja ei todettu kumpanakaan tutkimusvuonna.

Toimivilla altailla pystyttiin roudattoman kauden näytteenottokerroilla pidättä-mään 30-44 % kiintoainehuuhtoutumista, mutta joissakin altaissa pidätysteho oli rakenteellisista syistä selvästi tätä heikompi. Ojastosta puhdistuksen yhteydessä altaaseen kulkeutuva liete laskeutui altaaseen uudelleen n. 90 %:sti. Kiintoaineen pidätystehokkuus yleensä lisääntyi valuman ja kiintoainepitoisuuden kasvaessa, sillä tällöin mukana oli raskaampia, nopeammin laskeutuvia hiukkasia. Kuitenkin virtaaman muuttuessa voimakkaasti turbulenttiseksi kasvoi lietteen huuhtoutu-misriski. Altaiden toimivuutta selvittäessä on altaaseen jäänyttä lietemäärää pidetty tärkeimpää toimivuuden ilmentäjänä vesianalyysien näytteenoton ajoit-taisen puutteellisuuden vuoksi.

Lumensulamisen aikana kiintoaineen pidätystehokkuus oli Porrasnevaa lukuunot-tamatta roudattoman kauden arvoa korkeampi. Aineiston puutteellisuuden vuoksi kevättulvan aikaista tilannetta ei tällä vesianalyysiaineistolla pystytty kiistatta selvittämään. Kenttähavaintojen perusteella kevättulvan aikainen pidättyminen tapahtuu pääasiassa vedenpinnan korkeuden vaihdellessa ja kiinto-aineen jäädessä sen seurauksena kentälle ja altaiden reunoihin. Kevättulvan aikaisten vesimää-rien puristaessa altaassa olevaa jäätä aiheutui joissakin altaissa poistopään rakenteiden rikkoutumista. Pohjois-Suomessa ja Pohjanmaalla olevien turvetuo-tantoalueiden kevättulvan aikaisten vesimäärien allastaminen on paikoitellen mahdotonta tulvavesien noustessa laajoille yhtenäisille alueille. Altaat ovat laskeutusperiaatteella toimintakuntoisia vain roudattomana aikana, jolloin äkilli-nen kiintoaineen huuhtoutumisriski on myös suurin.

Tutkittujen altaiden toimivuus on vaihdellut huomattavasti, mutta parhaiten ovat toimineet pienehköä valuma-aluetta kohti rakennetut altaat. Koivannanvan al-taaseen lietettä oli pidättynyt vuodessa  $6,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  eli  $0,3 \text{ tha}^{-1}$ . Muilla tuotantoalueilla lietekertymät olivat  $0,7 - 2,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Orgaanisen lietteen kertymä oli  $0,02 - 0,23 \text{ tha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  altaan toimivuudesta riippuen. Ojitusalueella lietekertymä oli  $0,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ja siitä orgaanista lietettä oli  $0,01 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Kevättulva aikaista kiintoainetta pidättyi veden korkeuden vaihdellessa altaan reunoille ja kenttään. Sen vuoksi tämä määrää ei todennäköisesti ole mukana lietemittauksissa.

Fosforin pidätyskyky tutkimuskerroilla altaissa oli yleensä alle 20 % ja ajoittain lähtevän veden huuhtoutuma oli tulevaa suurempi. Typpihuuhtoutuma vaihteli näytteenottokerroittain 51 %:n poistumasta 20 %:n huuhtoutuman kasvuun. Liu-enneen orgaanisen aineen pidätyskyky vaihteli sekä allaskohtaisesti että eri näytteenottokertojen välillä poistuman ollessa keskimäärin n. 10 % ja Räiskin-suon alueella 32-58 %. Laskeutusaltaiden vaikutus valumaveden väriarvoon, säh-könjohtavuuteen ja pH-lukuun oli vähäinen. Yleensä sekä tulevan että lähtevän veden pH oli yli 6.0.

Tämän tutkimuksen perusteella erillisten laskeutusaltaiden mitoitus voidaan pienentää nykyisestä, sillä altaat on syytä mitoittaa vain roudattoman kauden käyttöä varten. Lumensulamisaikaista valumaa ei olisi syytä käyttää mitoitusvaluman perustana, koska allas ei tällöin muutenkaan toimi laskeutusperiaatteella. Lumensulamisedet olisi tulvan alkuvaiheessa aiheellista ohjata altaan ohitse rakenteiden rikkoutumisen ehkäisemiseksi. Virtaamahavaintojen mukaan riittävä erillisen altaan mitoitusvaluma olisi tämän aineiston perusteella  $100 \text{ ls}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Tämä edellyttäisi kuitenkin ojaston lietteenpidätyskyvyn tehostamista sekä ojastossa olevien lietetaskujen säännöllistä puhdistamista. Erillisaltaiden sijasta kiintoaineen pidätys voidaan vaihtoehtoisesti toteuttaa pienten sarkaojien päissä olevien altaiden avulla. Tällöin mitoitus olisi aiheellista tehdä joissakin tapauksissa esim. nykyisen mitoitusarvon  $300 \text{ ls}^{-1} \text{ km}^{-2}$  mukaisesti, jotta lietetilaa olisi riittävästi. Sarkaoja-altaiden puhdistaminen on erillisiä altaita helpompaa ja suunniteltu puhdistustiheys vaikuttaa myös sarkaojan mitoitukseen.

Tämän tutkimuksen perusteella erillisen altaan valuma-alue saisi olla enintään 30-50 ha. Altaan leveys määräytyy puhdistuskalustosta ja pinta-alan määrää käytetty mitoitusvaluma ja pintakuorma ( $1 \text{ mh}^{-1}$ ). Ojastojen kaltevuudet olisi syytä tehdä mahdollisimman vaakasuoriksi ja luiskakaltevuus sellaiseksi, etteivät altaan penkat sorru. Virtaussuunnassa levenevä muoto estää oikovirtauksia. Aلتaiden ja ojaston puhdistustiheys riippuu suon vuosittaisesta käyttöasteesta, mutta lietteen talteenotolla pystytään eniten vaikuttamaan vesistökuormitukseen.

Ojitusvaihetta varten tehtävät altaat olisi aiheellista tehdä lopullista mitoitusmatalammiksi lietetaskuiksi ja kiintoaineen pidätystä voidaan tällöin tehostaa pintavalunnalla sekä lisäksi useilla ojien syvennyksillä sekä levennyksillä. Tällöin vältetään altaiden sortumiselta ja lopulliset altaat voidaan viimeistellä ja puhdistaa ojitusvaiheen päätyttyä. Jo allastettujen alueiden vesistökuormitusta voidaan edelleen vähentää säännöllisellä ojaston ja altaiden puhdistuksella sekä sarkaojaston pidätyskyvyn parantamisella.

## 10. SUMMARY

The operation of settlement ponds constructed in peat production areas as water treatment system was investigated in a joint research project of the National Board of Waters, Water Districts, peat producers, the Finnish Peat Industry Association, and the Ministry of Trade and Industry, which was started in 1981.

During the research the retention efficiency of the settlement ponds was monitored with the aid of water analyses, sludge measurements and analyses, as well as practical observations and mathematical theoretical examinations. There were altogether eight ponds and one of them was in a drainage area, and the rest in production areas. The dimensions, shape, and size of the catchment area as well as the quality of the peat, varied from area to area. Five of the ponds were observed continually by an operating surface-level meter and rain recorder. Rainfall during the research period 1982 - 1983 corresponded well to the average rainfall in the areas over a long period of time, although exceptionally intense periods of torrential rain were not recorded.



During the study the ponds in operation were able to retain 30-40 % of the solid matter concentration during the frost-free season. In some of the ponds the retention efficiency was clearly lower due to structural causes. About 90 % of the sludge that travelled from the ditches to the pond because of the cleaning resettled again. The efficiency of retention of solid matter generally increased as the run-off and the concentration of suspended solids grew, because then there were also heavier particles that settled more rapidly than was the case during a period of low run-off. However, as the flow became strongly turbulent the risk of the sludge being flushed out grew. In the examination of the effectiveness the amount of sludge remaining in the pond has been regarded as the most important indicator in compared to the occasionally taken water samples.

The suspended solids retention efficiency during the period of snow thawing was, with the exception of Porrasneva, higher than the value during the frost-free period. On account of the lack of data the situation during the period of the spring floods could not be indisputably investigated with the water analysis data available. On the basis of field observations retention during the spring floods takes place principally as the level of the water surface varies and solid matter remains as a consequence on the field and the edges of the ponds. The pressure of the amount of water during the spring floods in the icecovered pond broke the structures of some ponds. In Northern Finland and Ostrobothnia the ponding of the spring floods is usually impossible and the ponds are operational on the settlement principle only during the frost-free period. During that frost-free period there is also the risk of flushing.

The efficiency of the ponds under investigation has varied considerably, but the ponds constructed for a smallish catchment area have performed best. In the Koihnanneva pond the sludge retained per annum was  $6,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , or  $0,3 \text{ tha}^{-1}$ . In the other production areas the amount of sludge was  $0,7\text{-}2,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . The organic sludge coefficient was  $0,02\text{-}0,23 \text{ tha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  depending on the operational efficiency of the pond. In the drainage area the sludge coefficient was  $0,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  and the corresponding coefficient for organic sludge was  $0,01 \text{ tha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . During the spring flood solid matter was retained on the sides and bottom of the pond as the water level varied. For that reason this amount is probably not in the sludge measurements.

The phosphorus retention capacity of the ponds was generally less than 20 %, and occasionally the concentration in outflow was greater than that in inflow. The reduction of nitrogen varied from 51 % to an increase of 20 %. The retention capacity for dissolved organic substances varied not only from pond to pond but also between samplings, the average being about 10 % and 32-58 % in the Räiskinsuo area. The influence of the settlement ponds on the colour, specific conductivity, and pH-value of the run-off water was small. Generally the pH-value of inflow and outflow was over 6,0.

On the basis of this research it is possible to reduce the dimensioning flow for separate settlement ponds from that used nowadays because it is reasonable to plan the ponds only for the frost-free period. There is no reason to use the run-off during the thaw as a basis for dimensioning, because the pond does not then operate on the settlement principle, but rather there is reason to divert the melt-waters past the pond during the beginning of the flood to prevent the structures from being damaged. According to the observations a sufficient dimensioning flow for a separate pond would be  $100 \text{ ls}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . If this is used the sludge retention capacity of the ditch network and the cleaning of the sludge should be organised. In place of separate ponds also small ponds at the ends of ditches can be used. The dimensioning flow for them could be for example  $300 \text{ ls}^{-1} \text{ km}^{-2}$  or less, so that there would be sufficient space for sludge. The cleaning of ditch ponds is easier than that of separate ponds and the frequency of cleaning also influences the dimensioning.

On the basis of this research the maximum catchment area for a separate pond should be 30-50 ha. The length and the breadth is determined by the cleaning equipment and the surface area is determined by the surface load ( $1 \text{ mh}^{-1}$ ). The ditch network should be made as close to the horizontal as possible and the degree of slope such that the sides do not collapse. A shape that widens with the direction of flow prevents straight-through currents. The frequency of cleaning depends on the annual degree of use, but the effects of the water treatment system is most influenced by removing the sludge.

The ponds made for the drainage period should be made shallower sludge pockets than in the final dimensioning and the retention of solid matter can then be improved by surface run-off as well as by numerous deepenings and widenings in the ditches. The collapse of ponds is then avoided and the final ponds can be made and cleaned at the end of drainage period. The load of suspended solids from the ponds, used nowadays, can further be reduced by regular cleaning, as well as by improving the retention capacity of the ditch network.

## KIRJALLISUUS

- Aho, M. & Kantola, K. 1984. Turvetuotannon vesien kiintoaineen sedimentoituminen laboratoriomittakaavan allaskokein tutkittuna. VTT/Kotimaisten polttoaineiden laboratorio. Tutkimusraportti 1-56.
- Ahti, E. 1975. Ajatuksia metsäojituksen tulvavaikutusten arvioimisesta. Suo 26, 1. 9-13.
- Andersson, A., Bergquist, B. & Lundin, L. 1982. Hydrologiska och limnologiska konsekvenser av skogs- och myrdikning. Siksjöbäcksojektet. Metodik och resultat 1979-1981. - Preliminär rapport. Uppsala Univ., Limnologiska Inst. Forskn.Rapp. LIU 1982. B 10 112 s.
- Bergquist, B. 1981. Kemisk undersökning av dräneringsvatten från torvtäkt i Skåne Rapport 4. Uppsala Univ. Limnologiska Inst. Stencil. 25 s.
- Byrne, P.J. & Coffey, P.J. 1980. Water pollution report. Bord na Mona, julkaisematon aineisto.
- Clausen, J.C. 1980. The quality of runoff from natural and disturbed Minnesota Peatlands. Proc. 6th Int. Peat Congr. Duluth. s. 523-533.
- Ferda, J. & Novak, M. 1976. The effect of ameliorative measures on the changes of the quality of surface and ground waters in peat soils. 5th Int. Peat Congr. Poznan. 1:118-127.
- Gjessing, E. 1980. Myrgröftning, effekt på vannkvalitet. Noen observasjoner fra groftet myrområde, Røyken 1971-1979. VA-11/80 - Norsk Inst. Vannforsk. (NIVA), Rapp. XK-05 F 384. 13 s.
- Hannon, G.P. & Coffey, P.J. 1984. Control of silt in peatland waters. 7th Int. Peat Congr. Dublin. 2.237-251.
- Heikurainen, L. 1976. Comparison between runoff conditions on a virgin peatland and a forest drainage area. 5th Int. Peat Congr. Poznan. 1:76-86.
- Heikurainen, L. 1980 a. Metsäojituksen alkeet. Täydennetty toinen painos. 284 s. Helsinki.
- Heikurainen, L. 1980 b. Effect of forest drainage on high discharge. The influence of man on the hydrological regime with special reference to representative and experimental basins. IAHS-AISH Publ. 130:89 - 96.
- Heikurainen, L. 1983. Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry:n julkaisu. s.52 - 59.
- Heikurainen, L., Kenttämies, K. & Laine, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. Suo 29, 1978, 3-4: 49-58.
- Hintsa, J., Kaijalainen, E.I., Lipkin, T. 1984. Lohiluoman metsäojitusalueen selkeytysallas. Raportti koetuloksista vuosilta 1980 - 1982. Vaasan vesipiirin vesitoimisto. 10 s.

- Hortenstine, C.C. & Forbes, R.B. 1972. Concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium and total soluble salts in soil solution samples from fertilized and unfertilized histosols. *J. Environ. Quality* 1:446-449.
- Hosia, L. 1982. *Hydrauliikka*. RIL 141. Helsinki. s.119-196.
- Huisman, I.L. 1973. Sedimentation and flotation. Mechanical filtration. Delft University of Technology. 47 p.
- Hynninen, P. & Sepponen, P. 1983. Erään suoalueen ojituksen vaikutus purovesien laatuun Kiiminkijoen alueella, Pohjois-Suomessa. *Silva Fennica* 17:23-43.
- Jaakkola, A. 1979. Maanviljelys ja vesistöjen ravinnekuormitus. *Vesipäivät 1979*:86-82.
- Kaijalainen, E. 1981. Selkeytysallaskokeilu Isojoen Lohiluoman metsäojitusalueella. *Vesihallituksen koulutuspäivät 4.-5.11.1981*. Jyväskylä. 3 s.
- Kaijalainen, E. & Hintsa, J. 1982. Lohiluoman metsäojitusallaskokeilu. Vaasan vesipiiri, tutkimusraportti. 8 s.
- Kajosaari, E. 1981. *Vesihuolto*. RIL 124. Helsinki. 456 s.
- Kauppi, L. 1979 a. Effect of drainage basin characteristics on the diffuse load of phosphorus and nitrogen. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 30:21-41.
- Kauppi, L. 1979 b. Phosphorus and nitrogen input from rural population, agriculture and forest fertilization to watercourses. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 34:35-46.
- Kenttämies, K. 1979. Metsänojituksen ja metsänlannoituksen merkitys vesien kuormittajana. *Vesipäivät 1979*:90-100.
- Klemetti, V. & Keys, D. 1983. Relationships between dry density, moisture content and decomposition of some New Brunswick peats. Testing of peats and organic soils. ASTM special technical publication 820. American society for testing and materials. 1983: s.72-82.
- Korpijaakko, E. & Pheeney, P.E. 1976. Transport of plat sediment by the drainage system from exploited peatlands. 5th Int. Peat Congr. Poznan. 1 : 135-148.
- Koskinen, K. 1983 a. Turvetuotannon valumavesien vaikutukset Kolunjoen vesistöalueella. *Vesihallituksen monistesarja 1983*.205. Osa 1:1-29.
- Koskinen, K. 1983 b. Laskeutusaltaiden vaikutukset turvetuotantoalueiden valumavesien laatuun. *Vesihallituksen monistesarja 1983*.25. Osa 2:1-25.
- Kytövuori, T. 1979. Metsäojituksen vaikutus suon hydrologiaan kahtena ojituksen jälkeisenä kasvukautena. *Suometsätieteen pro gradu-tutkielma*. Helsingin yliopisto. 47 s.

- Kärkkäinen, A. 1984. Laskeutusaltaiden virtausominaisuuksien tarkastelua. Vapo Oy, julkaisematon teoriaselvitys. 10 s.
- Lakso, E. 1981. Teknilliset mahdollisuudet turpeennostosta ja metsäojituksista aiheutuvien haittojen vähentämiseen. Vesihallituksen koulutuspäivät. 4.-5.11.1981. Jyväskylä.
- Largin, I.F. 1983. Tutkimus seisottamalla ja suodattamalla tapahtuvasta turvesoiden valumavesien puhdistuksesta. Kalininin turveinstituutti, julkaisu. 8 s.
- Largin, I.F., Palmin I.A., Nenastjeva, G.V. & Zelenaja, O.A. 1976. Turveesiintymän muokkaus. Kaivettujen ojien vesien kemiallisen koostumuksen ja ominaisuuksien tutkiminen kohosuolla. Torfjanaja promyslennost 1976. 11.
- Largin, I.F. & Lavrov, N.V. 1983. Turvetyömaan vesien puhdistus selkeytysaltaalla. Torfjanaja promyslennost 8:21-25.
- Largin, I.F., Basin, E., Kosov, V. & Lavrov, V. 1983. Turvesoiden valumavesien laatu. Torfjanaja promyslennost 6.
- Largin, I.F., Ogurtsov, G.V., Nenastieva & Lavrov, N.V. 1983. Turvetuotantoalueiden valumavesien koostumus ja niiden puhdistamismenetelmät. Esitelmä Kalininin turveinstituutissa 2.11.1983.
- Lehtimäki, M. 1979. Ojituksen vaikutus suon pinnan painumiseen polttoturvesoilla. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Suometsätieteen laitos. 29 s.
- Lehtinen, A. 1982. Turvetuotantosoiden kuntoonpanosta. Vesihallitus, suunnitteluosasto. Moniste. 48 s.
- Migniot, C., Bellessort, B., Gerlier, P. & Dooge, J. 1969-1970. Sedimentology of peat silt. Transactions 5, 96: 1-12.
- Mustonen, S. & Seuna, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 2:1-63.
- Nicholls, K.H. & MacCrimmon, H.R. 1974. Nutrients in subsurface and runoff waters of the Holland Marsh, Ontario. J.Environ.Quality 3, 1: 31-35.
- NRCC 1979. Peat testing manual. National Research Council Canada. Associate Committee on Geotechnical Research. Muskeg Subcommittee. 152 p.
- Ogurtsov, A.V. & Nenastjeva, G.V. 1983. Turvevesien puhdistusprosessi biokemiallisin menetelmin. Kalininin turveinstituutti, julkaisu. 8 s.
- Olsson T. & Näslund, I. 1983 a. Biologiska konsekvenser vid torvtäkt med särskild hänsyn till den vattenlevande faunan. Umeå Univ., Inst.Ekol.Zool. Stencil. 35 s.

- Olsson, T. & Näslund, I. 1983 b. Bottenfauna och fisk i Gravå och Storbäcken före torvtäktspåverkan. Umeå Univ.Inst.Ekol.Zool. Stencil. 35 s.
- Olsson, T. & Söderberg, H. 1984. Tillväxt och utkläckning hos *Amphinemura borealis* (Plecoptera) odlad på torv - kontra lövsubstrat. Umeå Univ., Inst.Ekol.Zool. Stencil. 10 s.
- Olsson T., Näslund, I. & Persson, B-G. 1984. Bottenfauna och fisk i Holån (Skrottnmyran, Hälsingsland) - en torvtäktrecipient. Umeå Univ. Inst.Ekol.Zool. Stencil. 12 s.
- Päivänen. J. 1983. Turpeen fysikaaliset ominaisuudet. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry:n julkaisu. s. 33-36.
- Ramberg, L. 1981. Increase in stream pH after a forest drainage. *Ambio* 10: 34-35.
- Ryti, K.J.1975. Tekniikan käsikirja. Osa I. K.J. Gummerus. 8. uusittu ja täydennetty painos. Jyväskylä. s. 232-233.
- Saarnisto, M. 1975. Pehmeiden järvisedimenttien näytteenottoon soveltuva jäädytysmenetelmä. *Geologi* 1975, 3:37-39.
- Sabo, E.D. 1974 a. Prospects for the drainage of forests in the USSR with due regard for the preservation of natural resources. *Proc.Int.Symp. on Forest Drainage*, Jyväskylä-Oulu. s.405-413.
- Sabo, E.D. 1974 b. Metsäojitus ja luonnonvarojen hoito Neuvostoliitossa. (Forest drainage and management of natural resources in the U.S.S.R.) *Suo* 25:85-88.
- Sallantaus, T. 1981. Polttoturvetuotanto vesistöjen kuormittajana. Vesihallituksen koulutuspäivät 4.-5.11.1981. Jyväskylä. 7 s.
- Sallantaus, T. 1982 a. Turvetuotanto vesistöjen kuormittajana. Suo- ja turveteknologian perusteet -kurssi. Hyytiälä. 18 s.
- Sallantaus, T. 1982 b. Mahdollisuudet ehkäistä kiintoainekuormitusta polttoturvesoilta. Vapon sisäinen koulutus. Tuomarniemi 22.9.1982.
- Sallantaus, T. 1983. Turvetuotannon vesistökuormitus. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisusarja D 29: 121 s.
- Sallantaus, T. & Pätilä, A. 1983. Runoff and water quality in peatland drainage areas. *Proc.Int.Symp. of Forest Drainage*, Tallin 1983. 183-202.
- Scott, J.B. (ed.) 1978. The mining of peat, a Canadian energy resource - A Monenco company, Department of Energy, Mines & Resources. Part 3. 17 p.
- Selin, P., Unkuri, J., Lehtovaara, J. & Nyrönen, T., 1984. Plans to reduce the effects of peat excavation on water quality. *Proceedings of the 7th Int. Peat Congr. Dublin*. Volume 3:38-50.

- Selin, P. & Kaunismaa, P. 1985: Turvetuotantoalueen sarkaojaan rakennettavien laskeutusaltaiden toimivuus kiintoaineen pidättäjänä. Vapo Oy, Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus. Julkaisematon raportti s.12.
- Selin, P., Kaunismaa, P. & Bagge, B. 1985: Turvesuodattimen toimivuus kiintoaineen pidättäjänä turvetuotantoalueella. Vapo Oy ja Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus. Julkaisematon raportti. s.15.
- Seuna, P. 1981 a. Teknilliset mahdollisuudet turpeennostosta ja metsäojituksista aiheutuvien haittojen vähentämiseen. Vesihallituksen koulutuspäivät 4.-5.11.1981. Jyväskylä. 5 s.
- Seuna, P. 1981 b. Long-term influence of forestry drainage on the hydrology of an open bog in Finland. Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters, Finland. 43 s.
- Seuna, P. 1982. Influence of forestry draining on runoff and sediment discharge in the Ylijoki basin, North Finland. Aqua Fennica 12:3-16.
- Sharpe, W.E. 1975. Timber management influences on aquatic ecosystems and recommendations for future research. Water Res.Bull. 11:546-558.
- Suoninen, A. 1983. Turveteollisuus. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry:n julkaisu. s.64-85.
- Tolonen, K. & Hosiaislouma, V. 1978. Chemical properties of surface water in Finnish ombrotrophic mire complexes with special references to algal growth. Ann.Bot.Fennici 15: 55-72.
- Vesihallitus, 1983. Metsäojituksen ja turvetuotannon vesistövaikutuksia koskeva valvontaohje n.o 45. 18 s.
- Yanushevskiy, V.V. 1983. Turvetuotantoalueiden valumavesien kemialliset erikoispiirteet. Esitelmä Kalininin turveinstituutissa 2.11.1983.

TUTKIMUSALUEIDEN TURPEEN LAATU

Alue/ Näytteenotto- syvyys		Maatunei- suusaste von Post 1-10	Turvelaji	Kuituisuus	Kuiva-ainemäärä kg m <sup>-3</sup>
cm					
KOIHNANNEVA					
Piste 1	0-10 cm	4	3	3	136,1
	10-20	5	8	2	129,0
	20-30	4	8	2	119,1
	>30	6-8	8 (2 ja 8)	2	105,5
Piste 2	0-10	4	3	4	157,2
	10-20	4	8	2	133,2
	20-30	4	8	2	164,4
	> 30	4 ja 6	8	2	154,4
KAIRINEVA					
Piste 1	0-10	4	8	2	192,8
	10-20	4	8	2	119,8
	20-30	4	8	2	84,7
	>30	5-6	8	2	105,0
Piste 2	0-10	4	3	4	98,3
	10-20	4	3	4	90,3
	20-30	4	3	4	88,7
	>30	4	3 ja 8	2-3	89,7
Piste 3	0-10	4	5	2	98,3
	10-20	4	5	2	92,9
	20-30	4	5	2	99,3
	>30	4	3	3	96,7
Piste 4	0-10	2	2	2	61,9
	10-20	3	2	2	92,7
	20-30	2	2	2	58,1
	Z 30	4-5	2	2	92,9
Piste 5	0-10	3	3	3	145,2
	10-20	4	3	4	136,8
	20-30	4	3	3	108,5
	>30	6 (4-7)	7 (2-8)	1-2	108,4
Piste 6	0-10	3	3	4	57,4
	10-20	3	3	4	62,1
	20-30	3	3	4	105,5
	>30	4 ja 6	3	3	145,8
Piste 7	0-10	3	2	3	153,2
	10-20	3	8	3	146,7
	20-30	4	8	3	129,8
	>30	4	5	3	111,4

./..



## TUTKIMUSALUEIDEN TURPEEN LAATU

## LIITE 1/2

Alue/ Näytteenotto- syvyys cm	Maatunei- suusaste von Post 1-10	Turvelaji	Kuituisuus	Kuiva-ainemäärä kg m <sup>-3</sup>
KAIRINEVA				
Piste 8 0-10	3	3	4	141,8
10-20	4	3	4	151,1
20-30	4	3	4	135,3
>30	6	2	2	181,3
Piste 9 0-10	4	8	2	179,8
10-20	4	8	2	174,7
20-30	4	8	2	161,0
>30	4	8	2	128,5
Piste 10 0-10	4	8	2	161,3
10-20	4	8	2	149,8
20-30	5	8	2	170,0
>30	4 (4-6)	8 (5 ja 8)	1-2	104,7
JAUHOSUO				
Piste 1 0-10	4	8	2	160,4
10-20	5	8	2	263,6
20-30	4	8	2	151,1
>30	6-7	8	2	132,9
Piste 2 0-10	7	8	1	114,5
10-20	7	8	1	85,9
20-30	7	8	1	127,1
>30	7-8	8	1	146,3
Piste 3 0-10	7	8	1	201,9
10-20	7	8	1	137,6
20-30	5	8	1	142,9
>30	4 ja 6	8	1	142,9
Piste 4 0-10	6	8	2	208,3
10-20	6	8	2	135,2
20-30	7	8	2	118,3
>30	5 ja 7	8	1	108,2
Piste 5 0-10	6	8	2	190,1
10-20	7	8	2	172,2
20-30	7	8	2	140,5
>30	6 (4-8)	5 ja 8	1	114,0
				./..

## TUTKIMUSALUEIDEN TURPEEN LAATU

Alue/ Näytteenotto- syvyys		Maatunei- suusaste von Post 1-10	Turvelaji	Kuituisuus	Kuiva-ainemäärä kg m <sup>-3</sup>
cm					
RÄISKINSUO					
Piste 1	0-10	3	1	2	131,1
	10-20	3	1	2	146,8
	20-30	5	1	2	139,9
	>30	7 (5-8)	2 (2,8 ja 9)	1 ja 2	122,9
Piste 2	0-10	3	1	2	95,2
	10-20	7	2	2	115,4
	20-30	6	2	2	128,8
	>30	4 ja 5	2	2	118,5
Piste 3	0-10	4	2	2	130,9
	10-20	5	2	2	109,8
	20-30	6	2	2	126,7
	>30	7-8	2	2	119,8
Piste 4	0-10	4	2	2	120,3
	10-20	4	2	2	96,2
	20-30	4	2	2	113,5
	>30	4	8	2	112,1
Piste 5	0-10	4	2	2	177,2
	10-20	4	8	2	149,9
	20-30	4	8	2	149,9
	>30	4-5	8	2	110,4
Piste 6	0-10	4	8	2	141,8
	10-20	4	8	2	136,0
	20-30	6	8	2	156,0
	>30	7	2	2	173,5
PORRASNEVA					
Piste 1	0-10	1	1	2	26,6
	10-20	2	1	2	41,5
	20-30	2	1	2	36,0
	>30	3-4	3	3-4	98,9
Piste 2	0-10	1	1	2	30,0
	10-20	2	1	2	22,7
	20-30	3	1	2	85,3
	>30	3-4	3 ja 8	2-3	134,2
Piste 3	0-10	2	3	4	61,2
	10-20	3	8	2	36,7
	20-30	4	8	2	98,8
	>30	4	8	2	90,3
Piste 4	0-10	2	2	2	96,1
	10-20	3	2	2	83,6
	20-30	3	8	2	104,7
	>30	4	8	2	94,5

./..

## TUTKIMUSALUEIDEN TURPEEN LAATU

LIITE 1/4

## MAATUNEISUUSASTE

- 1 Täysin maatumatonta
- 2 Melkein maatumatonta
- 3 Hyvin heikosti maatunutta
- 4 Heikosti maatunutta
- 5 Jonkin verran maatunutta
- 6 Kohtalaisesti maatunutta
- 7 Vahvanlaisesti maatunutta
- >8 Vahvasti maatunutta

## TURVELAJI

- |   |                      |        |
|---|----------------------|--------|
| 1 | Rahka                | S-t    |
| 2 | Sararahka            | CS-t   |
| 3 | Tupasvillarahka      | Er-t   |
| 4 | Metsärahka           | LS-t   |
| 5 | Tupasvillametsärahka | ErLS-t |
| 6 | Sara                 | C-t    |
| 7 | Metsäsara            | LC-t   |
| 8 | Rahkasara            | SC-t   |
| 9 | Ruskosammalsara      | Bc-t   |

## KUITUISUUS

- 1 Ei kuituja
- 2 Vähän kuituja
- 3 Kohtalaisesti kuituja
- 4 Erittäin runsaasti kuituja

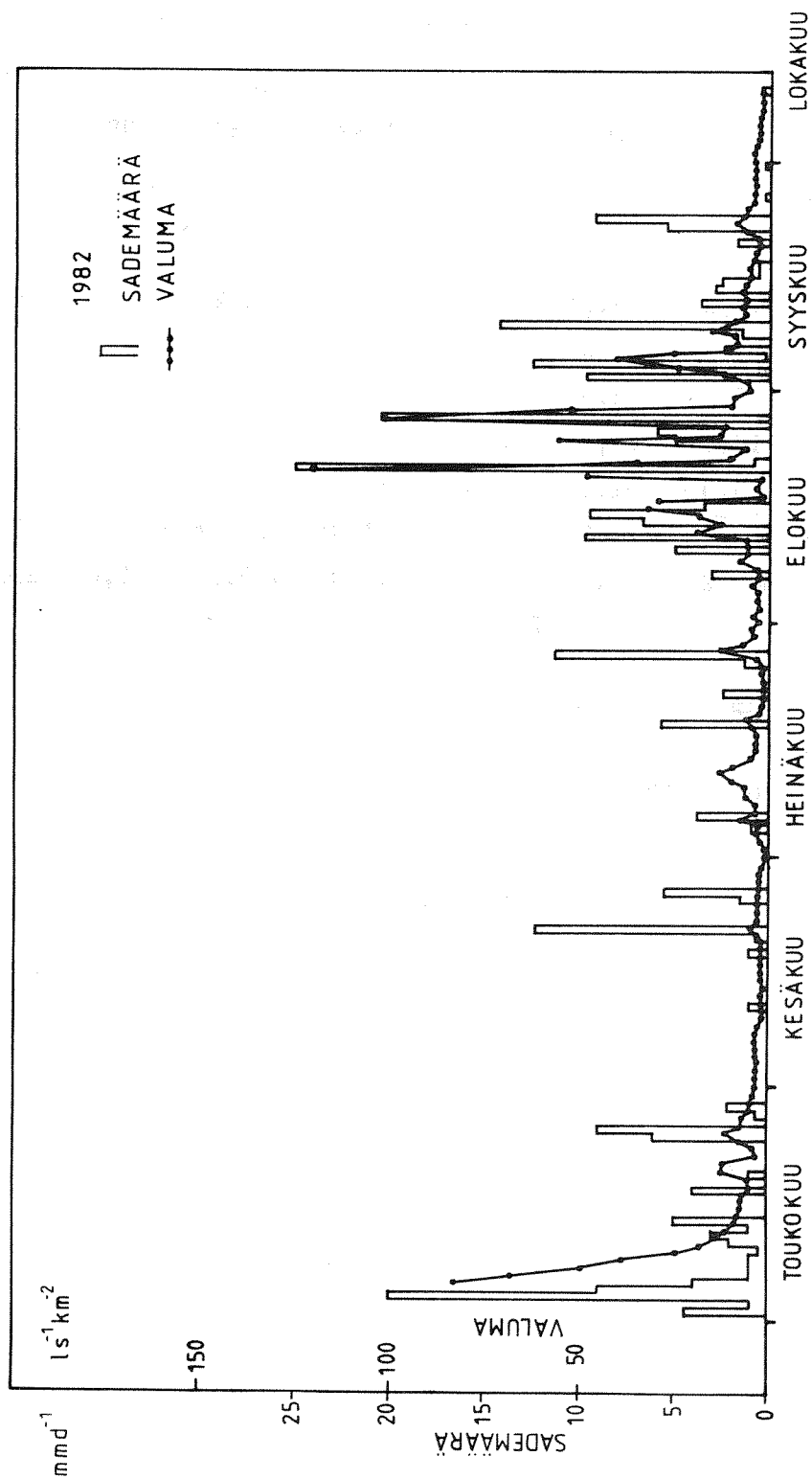
## TURPEEN FOSFORI-, TYPPI- JA RAUTAMÄÄRÄT, PAINO-% KUIVA-AINEESTA

Alue	Näyte- syvyys cm	$P_{tot}$		Kok.N $\bar{x}$	vaihtelu	Kok.Fe	
		$\bar{x}$	vaihtelu			$\bar{x}$	vaihtelu
KOIHNANNEVA	0-25	0,093	0,067-0,119	2,30	1,83-2,77	0,34	0,25-0,42
	25-50	0,084	0,079-0,088	2,19	2,01-2,36	0,53	0,48-0,57
KAIRINEVA 1	0-25	0,059	0,049-0,067	1,83	1,50-2,18	0,32	0,17-0,46
	25-50	0,051	0,036-0,065	1,83	1,50-2,09	0,36	0,20-0,65
KAIRINEVA 2 ja 3	0-25	0,055	0,046-0,062	2,28	1,0-3,86	0,43	0,21-0,93
	25-50	0,059	0,047-0,081	2,24	1,8-2,80	0,42	0,24-0,63
JAUHOSUO	0-25	0,090	0,074-0,122	2,71	2,33-2,95	0,88	0,67-1,18
	25-50	0,094	0,080-0,128	2,71	2,45-3,13	1,02	0,61-1,54
RÄISKINSUO 1	0-25	0,083	0,068-0,111	2,7	2,07-3,22	0,52	0,34-0,70
	25-50	0,077	0,058-0,096	2,5	1,86-3,19	0,89	0,50-1,07
RÄISKINSUO 2	0-25	0,103	0,086-0,120	2,91	2,89-2,92	0,49	0,36-0,61
	25-50	0,112	0,055-0,168	2,47	2,23-2,71	0,67	0,36-0,98
PORRASNEVA	0-25	0,056	0,030-0,080	1,58	0,56-2,74	0,31	0,20-0,38
	25-50	0,056	0,040-0,074	2,35	1,80-2,98	0,36	0,20-0,46

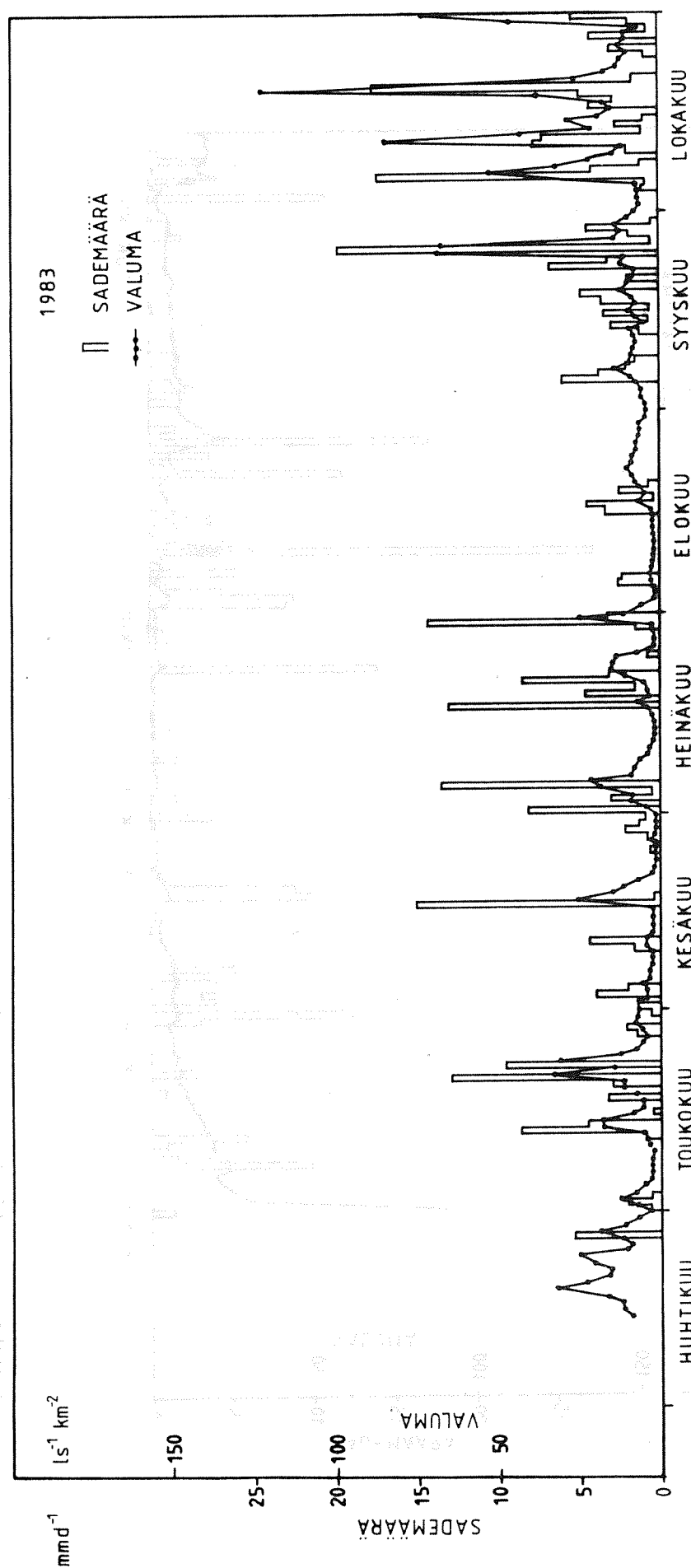
SADANTA TUTKIMUSJAKSON AIKANA, mm kk<sup>-1</sup>

Kuukausi	Sadanta mm kk <sup>-1</sup>								
	Koihnanneva		Kairineva		Jauhosuo		Räiskinsuo	Porrasneva	
	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1983	1982	1983
IV	72,9*	30,1*	87,9*	25,4*				82,7*	68,1
V	38,5*	52,0	56,6*	77,9	57,1	96,2	82,9	61,1	71,1
VI	16,4*	41,5	44,0	47,0	29,0	64,9	49,9	7,9	47,1
VII	25,6	67,3	28,3	70,9	28,3	94,4	70,3	31,0	60,8
VIII	105,7	17,2	75,3	35,3	53,2	39,2	27,9	67,6	56,5
IX	67,8	70,0	51,2	77,0	51,7	48,1	34,5	46,7	75,2
X	14,5*	92,2	26,2*	77,0	37,0*	96,9*	96,9*	19,6	78,0
V-X	268,5	340,2	281,6	385,1	246,0	439,7	362,4	233,9	373,3
V-X 1931-60	383		317		352			352	
max.sadanta/ vrk	25,4	19,8	27,4	19,7	14,2	25,2	17,4	24,5	35,7

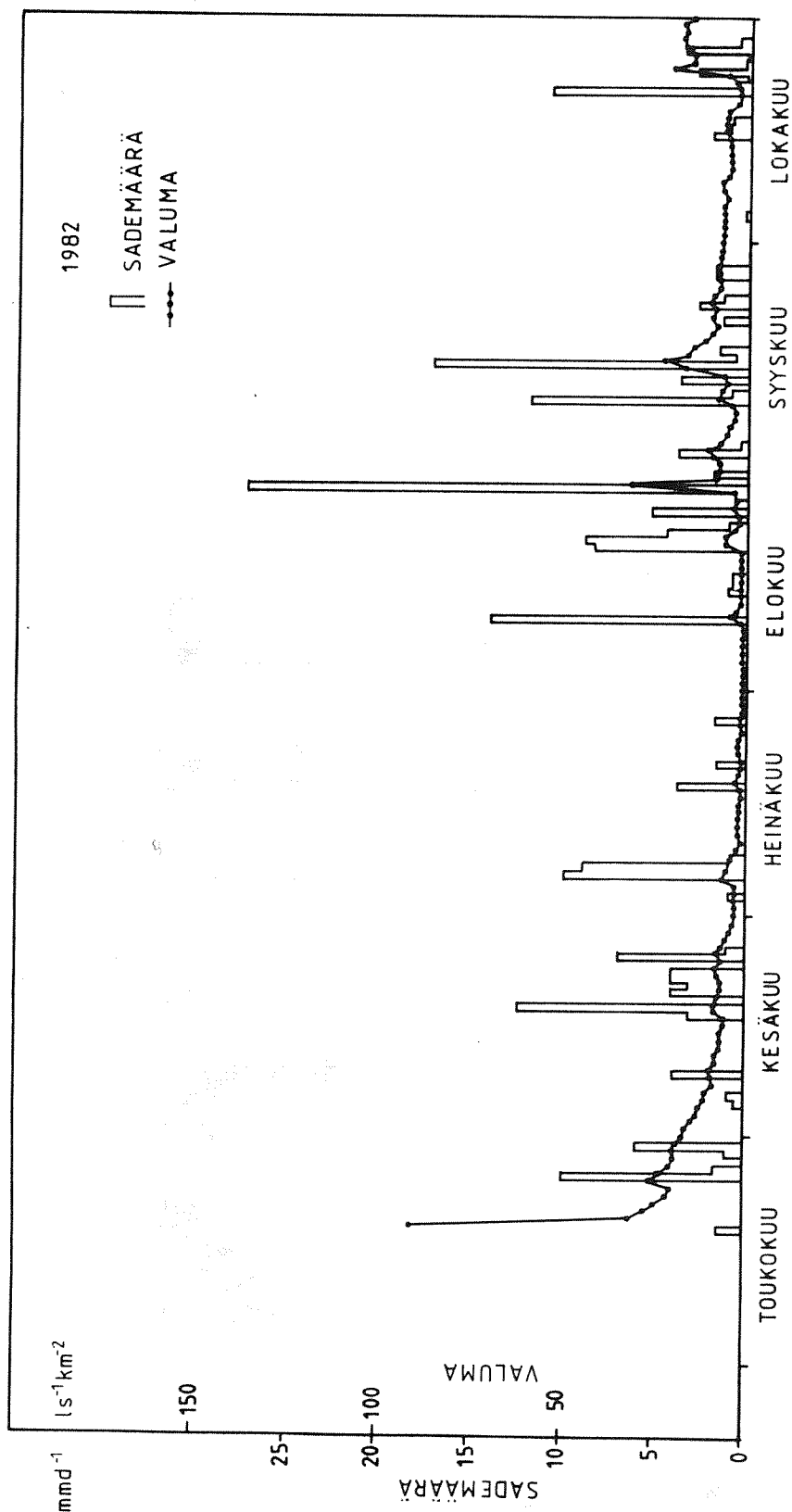
\* Lähin ilmatieteenlaitos



Vuorokauden keskivaluma ja vuorokausisadanta Koihannnevalalla vuonna 1982.

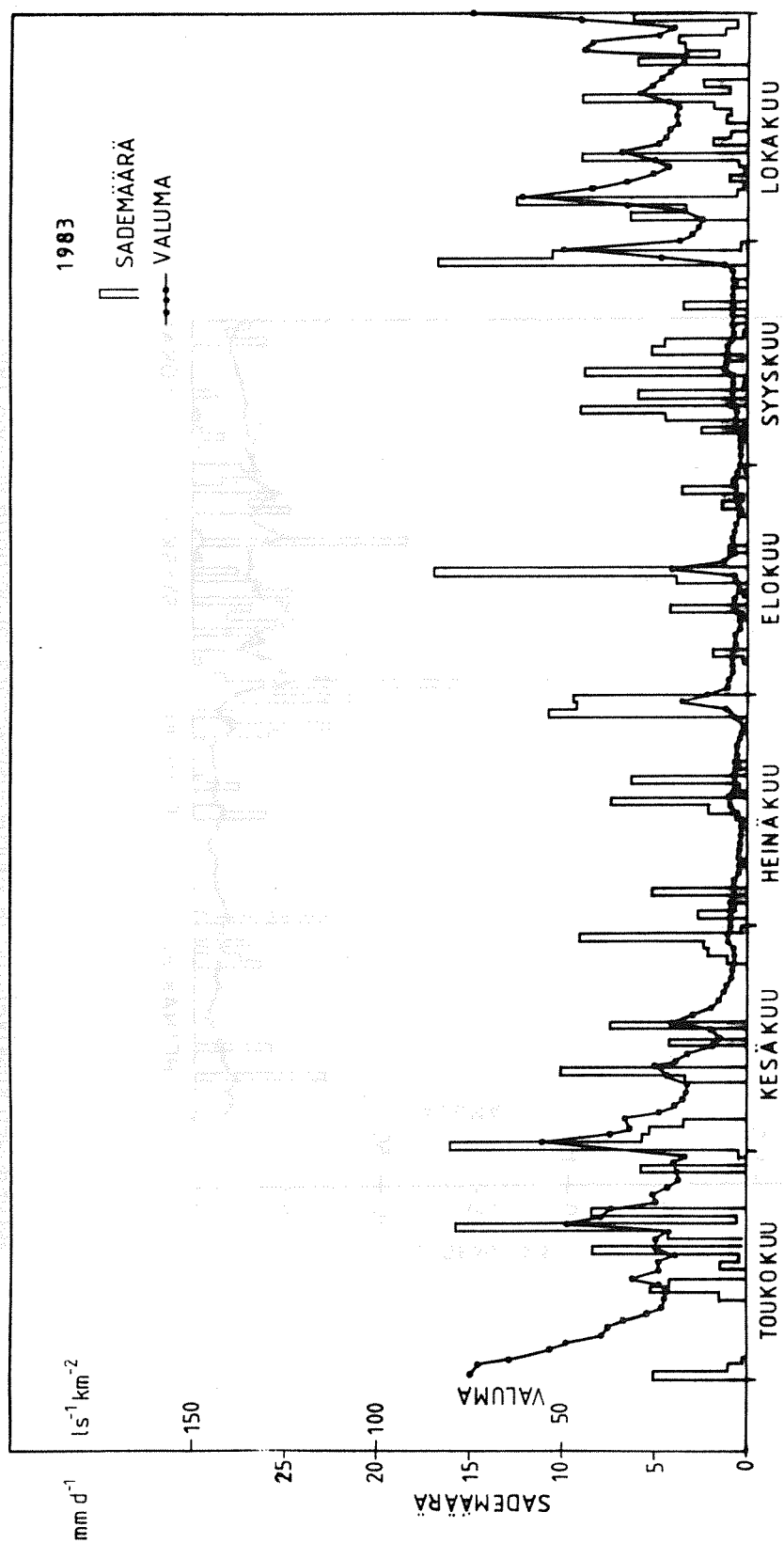


Vuorokauden keskivaluma ja vuorokausisadanta Koihnannevalalla vuonna 1983.

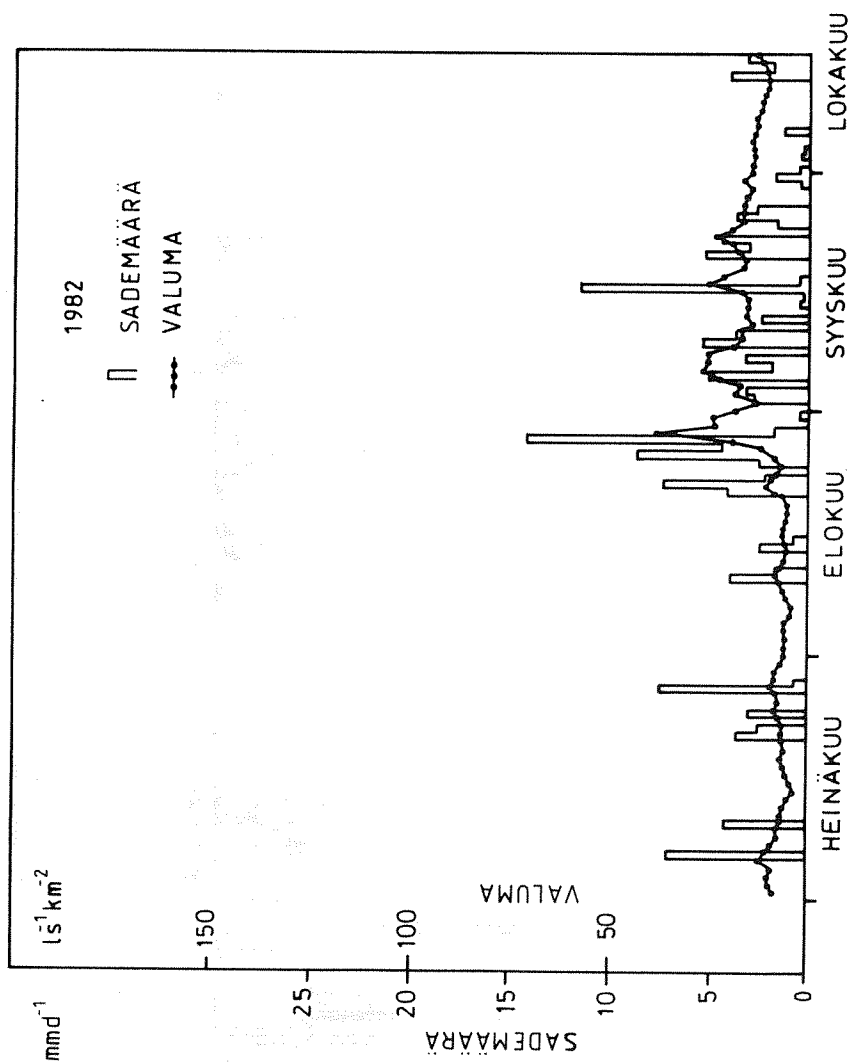


Vuorokauden keskivaluma ja vuorokausisadanta Kairinevalla vuonna 1982.

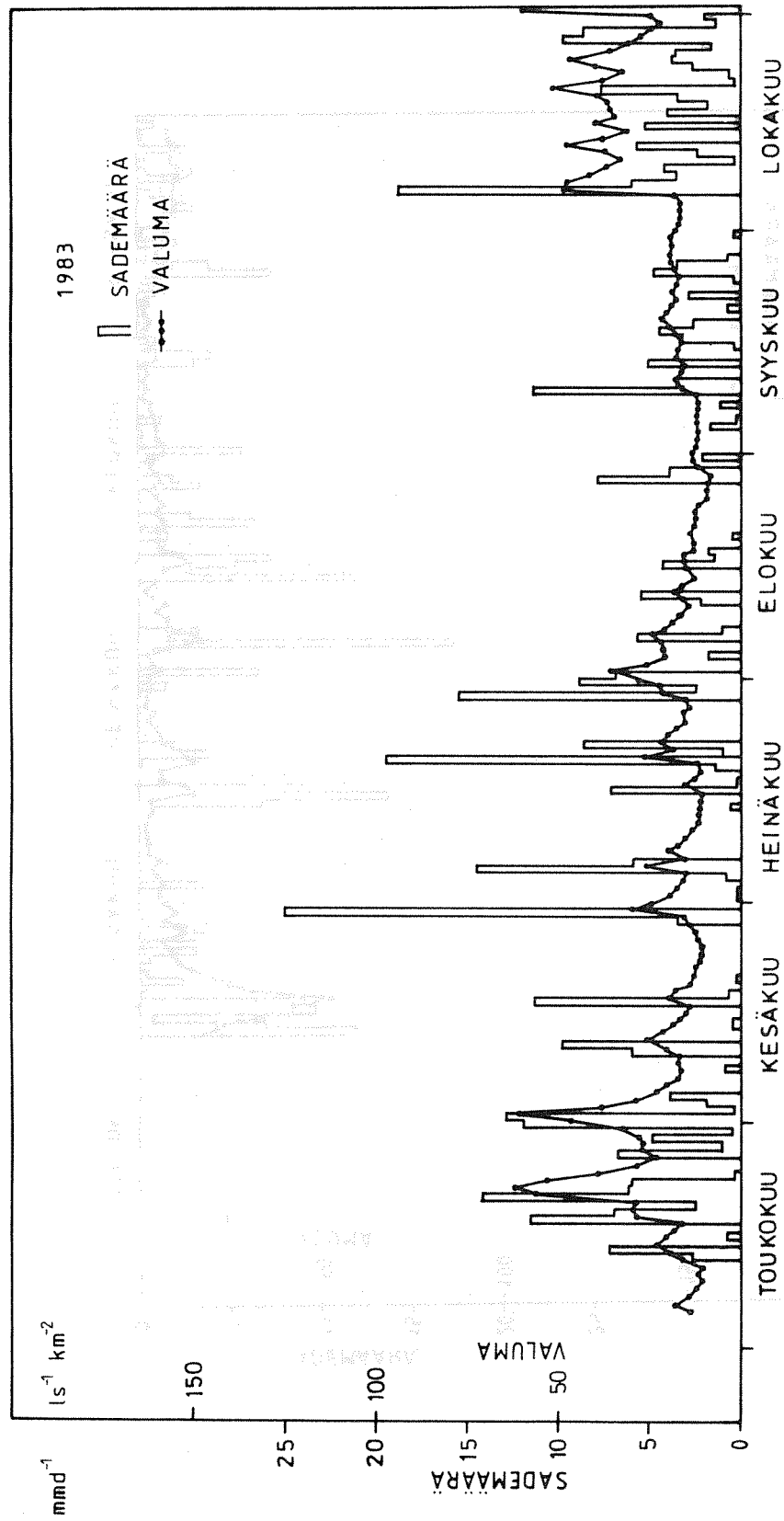




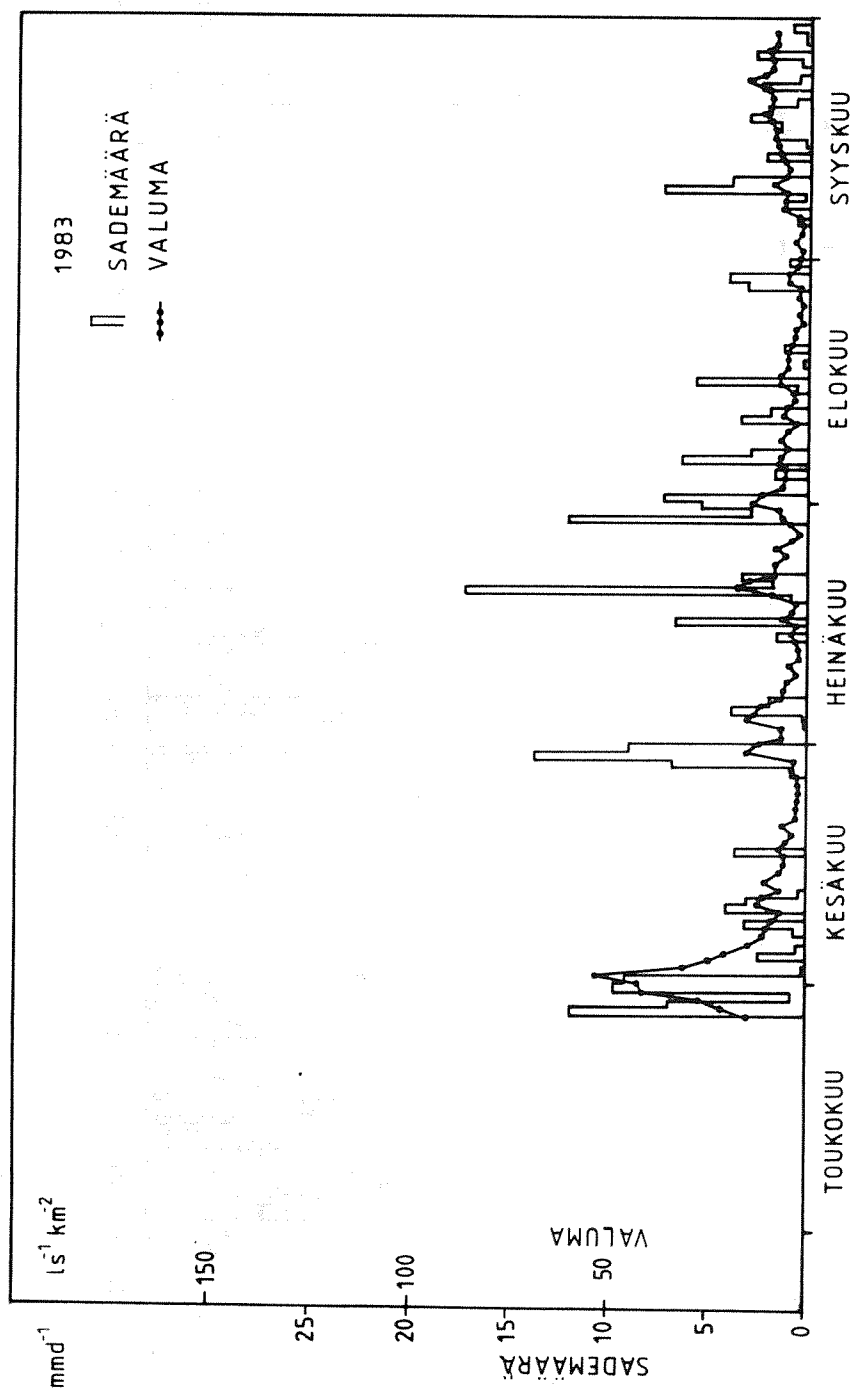
Vuorokauden keskivaluma ja vuorokausisadanta Kairinevalla vuonna 1983.



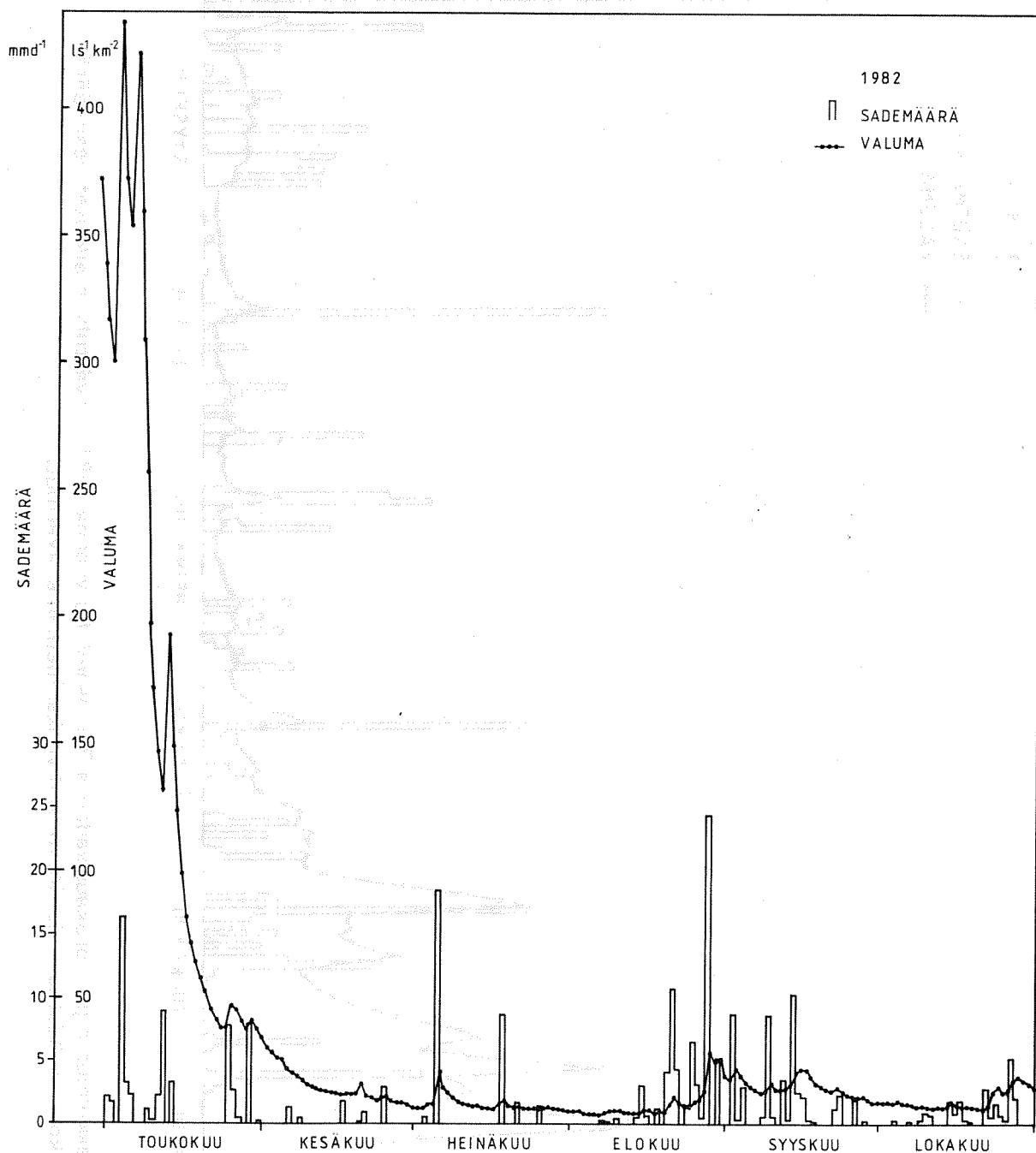
Vuorokauden keskivaluma ja vuorokausisadanta Jauhosuolla vuonna 1982.  
(Valuman arvot epätarkkoja valuma-alueen koon määrittämismenettelyjen vuoksi)



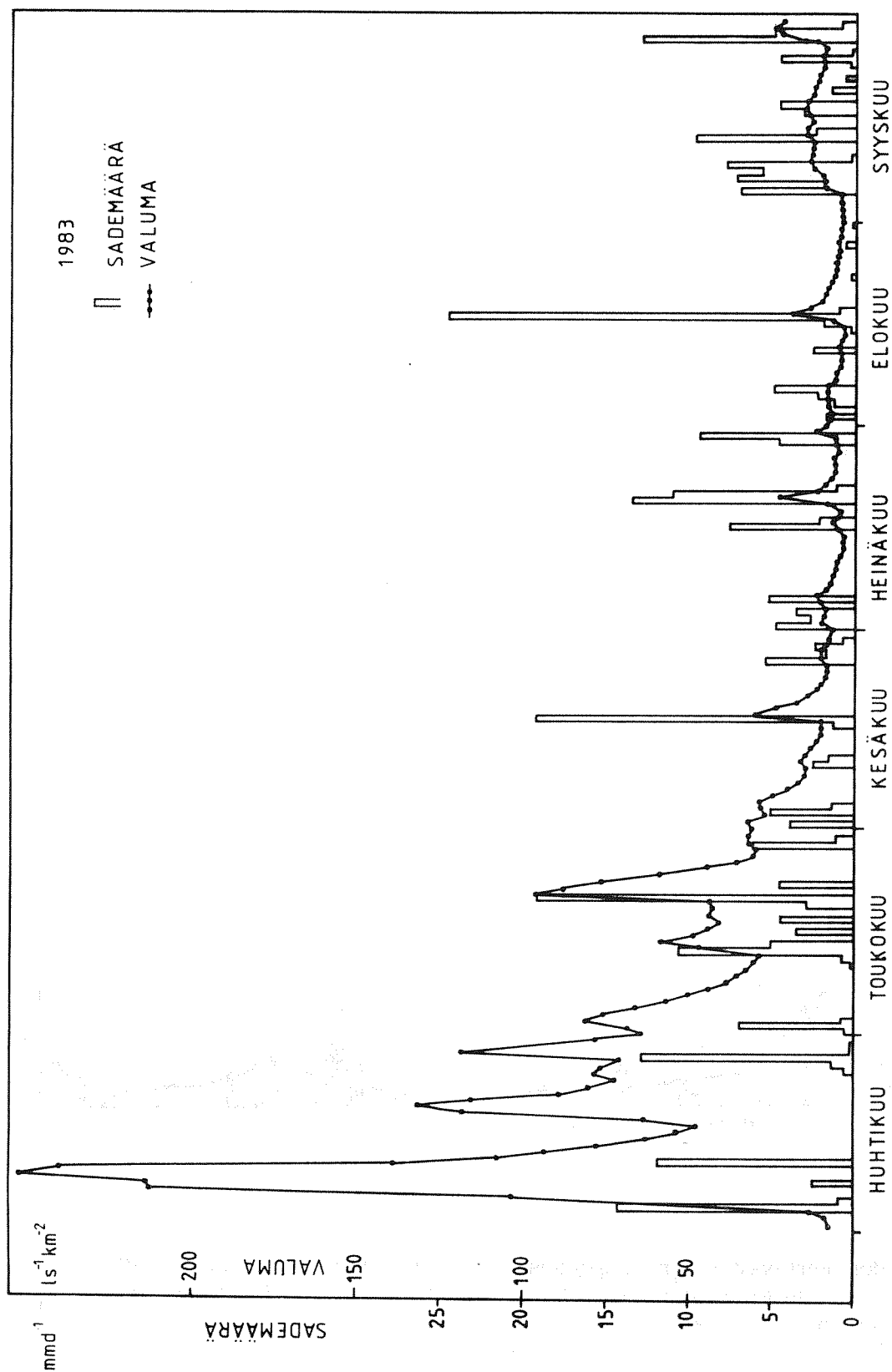
Vuorokauden keskiarvo ja vuorokausisadanta Jauhossuolla vuonna 1983.  
(Valuman arvot epätarkkoja valuma-alueen koon määrittämistä vaikeuksien vuoksi)



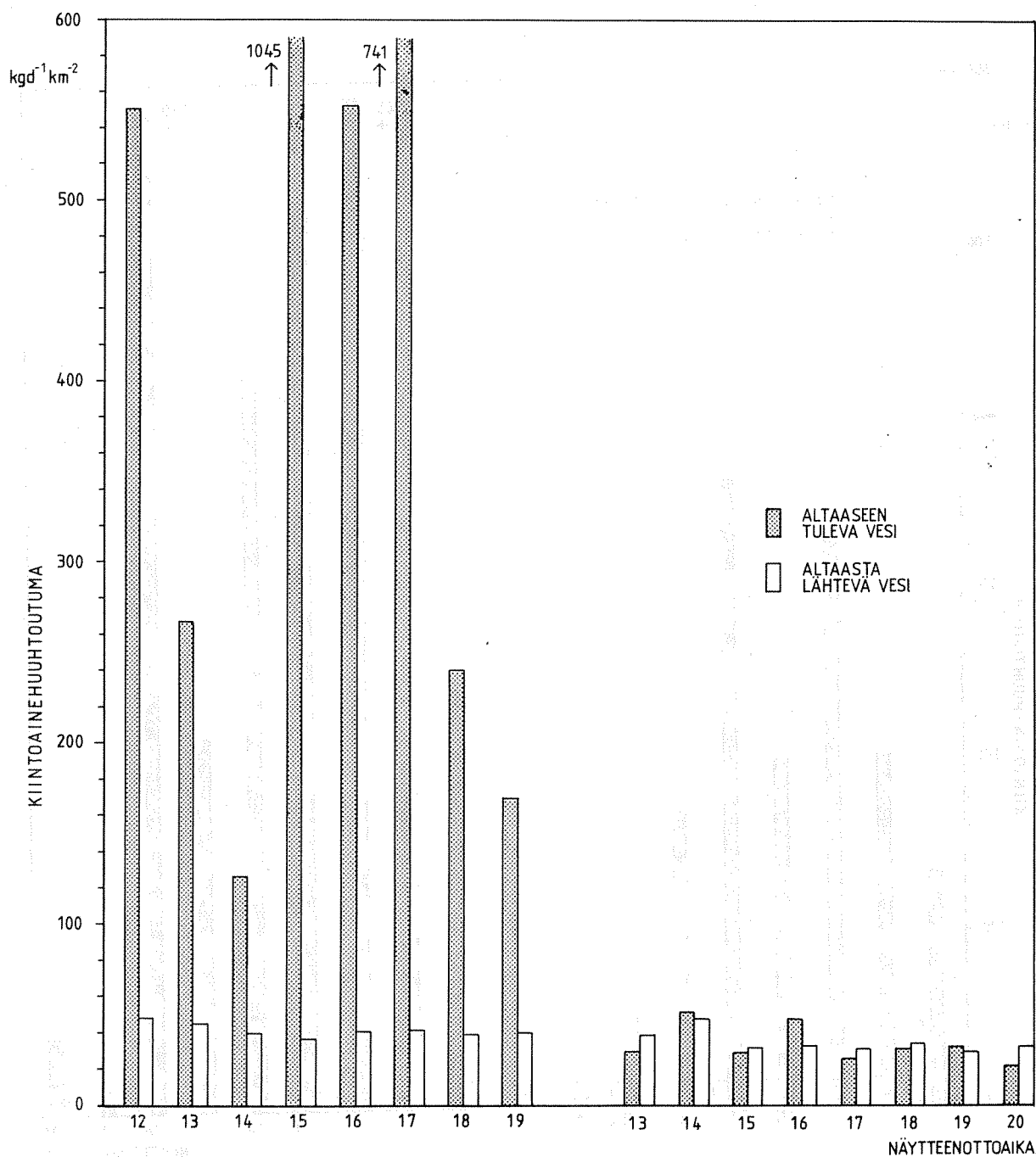
Vuorokauden keskivaluma ja vuorokausisadanta Räisünsuolla vuonna 1983.



Vuorokauden keskiarvo ja vuorokausisadanta Porrasnevalle vuonna 1982. Kevättulvan aikaiset vesimäärät valuma-alueen koon mahdollisen lisääntymisen vuoksi hieman epävarmat.



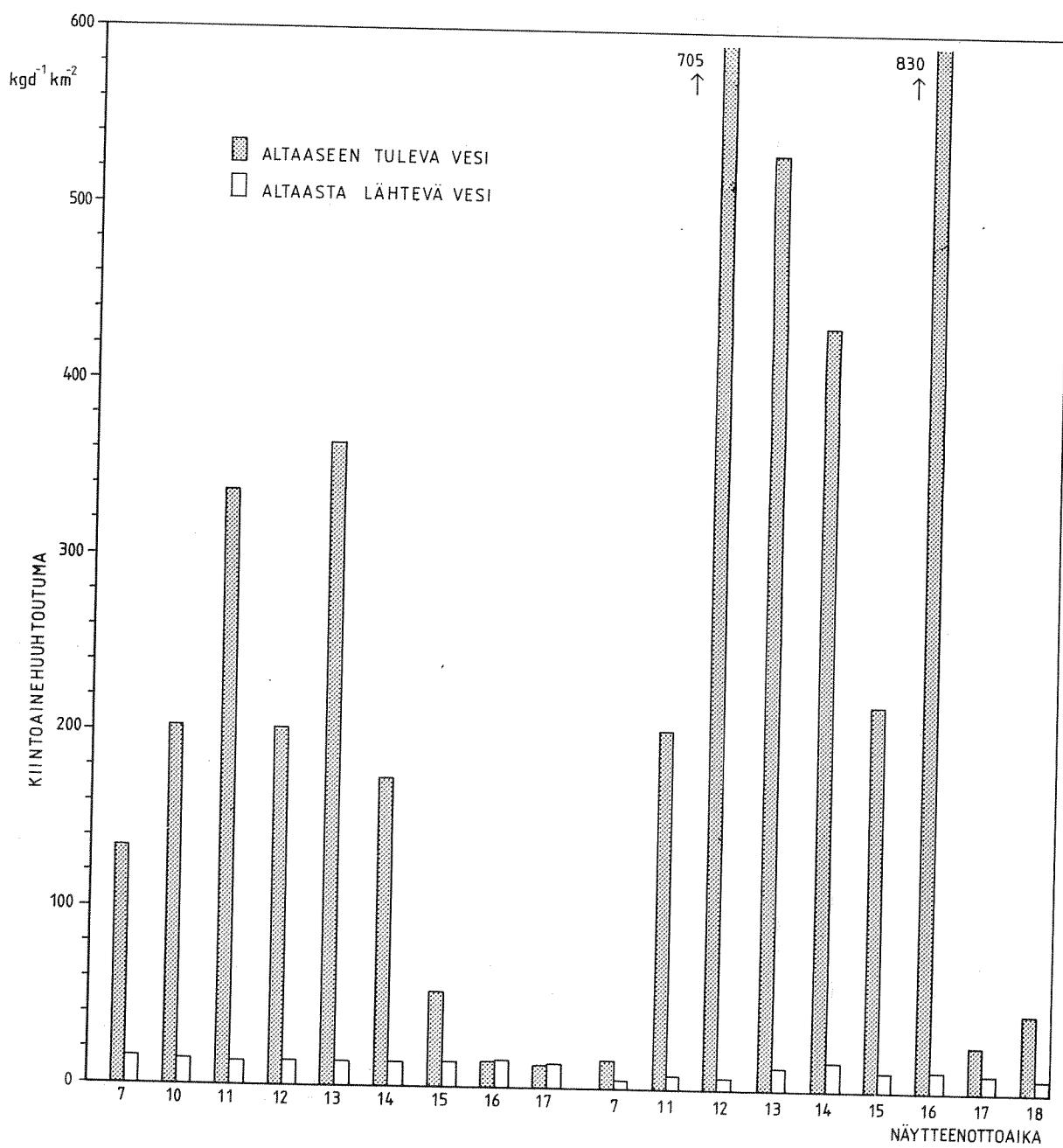
Vuorokauden keskivaluma ja vuorokausisadanta Porrasnevalle vuonna 1983. Kevättulvan aikaiset vesimäärät valuma-alueen koon mahdollisen lisääntymisen vuoksi hieman epävarmat.

ALLAS 1ALLAS 2

Räiskinsuon altaiden kiintoainekuormitus 20.7.1983.

## ALLAS 1

## ALLAS 2



Räiskinsuon altaiden kiintoainekuormitus 26.9.1983.